

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

RONALDO FERREIRA MAGANHOTTO

**A DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COMO
SUPORTE AO ZONEAMENTO AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
– ESTUDO DE CASO DA FLORESTA NACIONAL DE IRATI/PR**

**CURITIBA
2013**

RONALDO FERREIRA MAGANHOTTO

**A DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COMO
SUPORTE AO ZONEAMENTO AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
– ESTUDO DE CASO DA FLORESTA NACIONAL DE IRATI/PR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos

**CURITIBA
2013**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que auxiliaram, direta e indiretamente, para a realização deste trabalho, em especial:

Ao professor Dr. Leonardo José Cordeiro Santos, pelo incentivo, ensinamentos, pela liberdade de trabalho a mim conferida, por sua amizade e confiança demonstradas durante todos esses anos de convivência.

Ao professor Dr. Luiz Cláudio de Paula Souza, por sua amizade, paciência, apoio e força, incentivando-me e direcionando-me desde os tempos da graduação.

Sempre ao professor Dr. Deodato Miguel de Paula Souza (*in memoriam*), pelos ensinamentos e direcionamentos, determinantes à concretização da minha carreira profissional e ao meu crescimento pessoal.

Aos amigos Ademar e Ricardo, da FLONA de Irati, pelo apoio e dedicação concedidos durante a realização desta pesquisa.

Ao ICMBio, principalmente a Cirineu Lorenzi e Augusta Rosa Gonçalves, pelos esclarecimentos ao longo da pesquisa.

A UNICENTRO e ao Departamento de Turismo, pelo apoio e incentivo durante este período de qualificação.

Aos amigos Marciel e Zem, pela alegria e momentos de descontração.

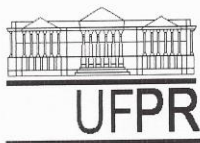
Aos meus pais, Zanoni e Maria Roseli Maganhotto, pelo apoio irrestrito e integral.

À madrinha Genoveva Antunes, por sua generosidade e carinho.

À Thais C. da F. Maganhotto e ao Theo F. Maganhotto, pela compreensão, apoio, torcida e vibração.

Aos Amigos Edécio, Elieti, Diogo e Pedro, pelas horas de conversa e desabafo.

Aos colegas do doutorado, professores e funcionários que ajudaram direta ou indiretamente a concretizar esta pesquisa.



ATA DE DEFESA DE TESE

Aos vinte e oito dias do mês de novembro do ano de dois mil e treze, na sala PH05, foi avaliada pela Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo relacionados, a Tese de Doutorado do (a) aluno (a) **RONALDO FERREIRA MAGANHOTO** intitulada "A UTILIZAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COMO SUPORTE AO ZONEAMENTO AMBIENTAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO – ESTUDO DE CASO DA FLORESTA NACIONAL DE IRATI/PR." que obteve como resultado final: APROVADO.

(RES. 65/09 CEPE Art. 69. Os examinadores avaliarão a dissertação ou a tese considerando o conteúdo, a forma, a redação, a apresentação e a defesa do trabalho, decidindo pela aprovação, ou reprovação do trabalho de conclusão do aluno.

Parágrafo único. A ata da sessão pública da defesa de dissertação ou tese indicará apenas a condição de aprovado ou reprovado.

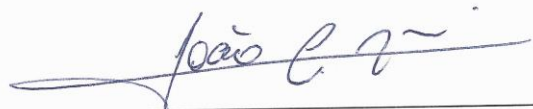
OBS: este documento tem a validade de 60 dias a contar desta data

Nome e assinatura da Banca Examinadora:


Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos – Orientador


Prof. Dr. Valdemir Antoneli - UNICENTRO


Prof. Dr. Marciel Lohmann - SIMEPAR


Prof. Dr. João Carlos Nucci – PPGeo/UFPR


Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães - UNB

RESUMO

Os problemas ambientais relacionados à utilização indiscriminada dos recursos naturais resultaram em medidas e ações em prol da conservação ambiental, como a criação e implementação das unidades de conservação. Estas áreas têm como linha mestra para o desenvolvimento de suas atividades o Zoneamento Ambiental, o qual se reporta à divisão da área em porções territoriais homogêneas, conforme seu grau de conservação, biodiversidade e fragilidade ambiental. Apesar de existirem roteiros para elaboração do Plano de Manejo, mencionando os critérios a serem considerados no estabelecimento do zoneamento, sente-se a necessidade do delineamento de variáveis, parâmetros e métodos à obtenção dos seus critérios. Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo verificar a utilização dos Índices de Representação do Relevo como suporte ao Zoneamento Ambiental, tendo como área de estudo a Floresta Nacional de Irati. As informações relacionadas à geomorfologia, a drenagem e suas relações com a distribuição dos solos, levantadas por meio do processamento de atributos derivados do modelo numérico do terreno, MNT, como: a altitude em relação ao canal de drenagem (*Altitude Above Channel Network*), o potencial de erosão e sedimentação (*Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*), a declividade (*Slope*), a relação do comprimento de rampa e declividade (*LS – Factor*) e o índice de umidade (*Wetness Index*), contemplam a Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental, presentes nesses roteiros como alguns dos critérios de zoneamento. O processamento dos índices auxiliou no detalhamento das informações pedológicas e no estabelecimento de Classes Limitantes que, associadas às atividades e grau de permissividade das zonas previstas para a FLONA, permitem uma orientação para o zoneamento, fundamentada na limitação e aptidão de uso das terras. Posteriormente, realizou-se uma combinação das Classes Limitantes às Classes de Zoneamento proposta por Mazza (2006), apresentando (in) compatibilidade entre as atividades previstas para cada zona e sua limitação de uso demonstrada por meio das Classes Limitantes. Diante destes procedimentos, pode-se observar que o processamento e aplicação dos Índices de Representação do Relevo orientam não apenas o delineamento e determinação das zonas, mas também o planejamento e o manejo das zonas estabelecidas a partir de um critério não contemplado pelos índices.

Palavras-chave: Índices de Representação do Relevo. Zoneamento Ambiental. FLONA de Irati.

ABSTRACT

Environmental problems related to the indiscriminate use of natural resources result in measures and actions concerning environmental conservation, such as the creation and implementation of conservation units. These areas follow Environmental Zoning guidelines for the development of their activities. Environmental Zoning refers to the division of an area into homogenous territorial portions of land according to their degree of conservation, biodiversity and environmental fragility. Despite the existence of guidelines for the elaboration of the Management Plan, which contains the criteria to be considered in zoning, there is a need for the delimitation of variables, parameters and methods for the establishment of their criteria. In this context, this research aims to verify the use of Index of Relief Representation as a form of support for Environmental Zoning. The area studied was the National Forest (FLONA, in the Portuguese acronym) of Irati. The information related to the geomorphology, drainage and its relationship with the distribution of soils were surveyed by processing the attributes derived from the numerical model of the land, MNT (in the Portuguese acronym) such as the altitude related to the drainage channel (Altitude Above Channel Network), the potential for erosion and sedimentation (*Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*), the level of slope (Slope), the relationship between the length of the ramp and slope (LS Factor, in the Portuguese acronym) and, the index of humidity (Wetness Index) include the Variability and Environmental Susceptibility, present in these guidelines as some of the zoning criteria. The index process helped to provide detailed soil information in the establishment of Limiting Classes, which associated to the activities and possible levels of zoning in the areas foreseen to the FLONA provide the zoning guidelines, based on the limitations and capabilities for land use. After that, there was a combination of Limiting Classes and Zoning Classes as proposed by Mazza (2006), presenting the (in)compatibility between the predicted activities for each area and its use limitations by means of the Limiting Classes. From these procedures it was possible to observe that the process and the application of the Index of Relief Representation not only guide and determine zoning, but also the planning and management of areas based from a criterion not covered by the Index.

Keywords: Index of Relief Representation. Environmental Zoning. Irati FLONA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização FLONA de Irati.....	15
Figura 2: Rede Hidrográfica FLONA de Irati.....	16
Figura 3: Mapa de Solos FLONA de Irati.....	17
Figura 5: Pontos Selecionados: Atividade de Campo	58
Figura 6: Distribuição Espacial do AACN na FLONA de Irati.	66
Figura 7: Distribuição Espacial do AACN na FLONA de Irati.	67
Figura 8: Distribuição Espacial do TWI na FLONA de Irati.....	68
Figura 9: Distribuição Espacial do MRVBF na FLONA de Irati.....	70
Figura 10: Distribuição Espacial do <i>Ls Factor</i> na FLONA de Irati.	71
Figura 11: Carta Clinográfica.....	72
Figura 12: Disposição do AACN nas classes pedológicas	76
Figura 13: Disposição do TWI nas classes pedológicas.....	82
Figura 14: Disposição do MRVBF nas classes pedológicas.....	85
Figura 15: Disposição do <i>Ls Factor</i> nas classes pedológicas	88
Figura 16: Solos Reclassificados	91
Figura 17: Classes Pedológicas no Plantio de Pinus	94
Figura 18: Classes de Limitação.	97
Figura 19: Orientação Zoneamento.....	100
Figura 20: Zoneamento Ambiental FLONA Irati	103
Figura 21: Distribuição das Classes Limitante na Zona Intangível.	105
Figura 22: Disposição do TWI na Zona Intangível.....	106
Figura 23: Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Conservação.....	111
Figura 24: Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Uso Restrito.	113
Figura 25: Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Manejo.	114
Figura 26: Distribuição do TWI na Zona de Manejo.	116
Figura 27: Distribuição do MRVBF na Zona de Manejo.	117
Figura 28: Distribuição do <i>Ls Factor</i> na Zona de Manejo.	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modalidades de UC's do Brasil e sua extensão territorial	28
Tabela 2: Informações básicas para contextualização das FLONA's.....	32
(continua)	32
Tabela 3: Valores estabelecidos na comparação pareada.....	62
Tabela 4: Pesos resultantes da comparação pareada	62
Tabela 5: Distribuição do CNBL na FLONA de Irati	65
Tabela 6: Distribuição do AACN na FLONA de Irati	67
Tabela 7: Distribuição do TWI na FLONA de Irati	69
Tabela 8: Distribuição do MRVBF na FLONA de Irati	69
Tabela 9: Distribuição do <i>Ls Factor</i> na FLONA de Irati	71
Tabela 10: Distribuição da declividade na FLONA de Irati	73
Tabela 11: Classificação EMBRAPA correlacionada com os IRR.....	75
Tabela 12: Pontos amostrados correlacionado com os IRR.....	77
Tabela 13: Classes pedológicas correlacionadas com os Índices.....	90
Tabela 14: Distribuição dos Índices nas Classes de Limitação	96
Fonte: Maganhotto, 2012.	100
Tabela 15: Tabulação cruzada Zoneamento Ambiental Mazza (2006) com Classes Limitantes	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Legislação Ambiental: principais documentos legais	22
Quadro 2:	Zonas: Caracterização e classificação por categorias de UC's.....	40
Quadro 3:	Índices de Representação do Relevo.....	54
Quadro 4:	Parâmetros estabelecidos para o processamento dos IRR.	56
Quadro 5:	Classificação das zonas por grau de permissividade.....	99

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Período de Criação das UC's Federal.....	26
Gráfico 2:	Período de Criação das FLONA's.	31

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1:	Amostra pnt. 1.....	78
Foto 2:	Entorno pnt 1.....	79
Foto 3:	Amostra pnt. 17.....	79
Foto 4:	Entorno pnt 17.....	79
Foto 5:	Amostra pnt. 28.....	80
Foto 6:	Entorno pnt. 28.....	80
Foto 7:	Rio Imituva, Entorno pnt. 34.....	81
Foto 8:	Acesso ao pnt 34.	81
Foto 9:	Amostra pnt. 3.....	83
Foto 10:	Amostra pnt. 8.....	83
Foto 11:	Entorno, pnt. 3.....	84
Foto 12:	Entorno, pnt. 8.....	84
Foto 13:	Amostra, pnt 22.....	84
Foto 14:	Trincheira, pnt 22	84
Foto 15:	Amostra, pnt. 43.....	86
Foto 16:	Entorno, pnt. 43.....	86
Foto 17:	Amostra, pnt. 44.....	86
Foto 18:	Entorno, pnt. 44.....	87
Foto 19:	Amostra, pnt. 46.....	87
Foto 20:	Entorno pnt 46.....	87
Foto 21:	Zona Intangível.	104
Foto 22:	Zona Intangível.	104
Foto 23:	Guarita	107
Foto 24:	Sede Administrativa	107
Foto 25:	Casas de hóspedes.	108
Foto 26:	Casas de antigos funcionários.	108
Foto 27:	Trilhas Interpretativas.....	109
Foto 28:	Trilhas Interpretativas.....	109
Foto 29:	Museu Educativo.....	110
Foto 30:	Área de Lazer.....	110
Foto 31:	Zona de Conservação.....	112
Foto 32:	Zona de Uso Restrito	112
Foto 33:	Zona de Uso Restrito	112
Foto 34:	Zona de Manejo	115

LISTA DE SIGLAS

AACN	–	Altitude em Relação ao Canal de Drenagem
APA	–	Área de Proteção Ambiental
ARIE	–	Área de Relevante Interesse Ecológico
CNBL	–	Channel Network Base Level
CR	–	Consistency Ratio / Razão de Consistência
DIGET	–	Diretoria de Gestão Estratégica
DIREC	–	Diretoria de Ecossistemas
DIREF	–	Diretoria de Florestas
EE	–	Estação Ecológica
FLONA	–	Floresta Nacional
IBAMA	–	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBDF	–	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
ICMBio	–	Instituto Chico Mendes de Biodiversidade
INCRA	–	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IRR	–	Índices de Representação do Revelo
Ls Factor	–	Fator LS
MCE	–	Multi Criteria Evaluation
MMA	–	Ministério do Meio Ambiente
MNT	–	Modelo Numérico do Terreno
MN	–	Monumento Natural
MRVBF	–	Multi Resolution Index of Valley Bottom Flatness
PARNA	–	Parque Nacional
RDS	–	Reserva do Desenvolvimento Sustentável
REBIO	–	Reserva Biológica
RESEX	–	Reserva Extrativista
REVIS	–	Refúgio da Vida Silvestre
SNUC	–	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SRTM	–	Shuttle Radar Topography Mission
TWI	–	Wetness Index
UC's	–	Unidades de Conservação
WCL	–	Weight Linear Combination /Combinação Linear Ponderada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E O DESPERTAR PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.....	21
2.2	CONTEXTUALIZAÇÃO E PANORAMA DAS UC's FEDERAIS.....	26
2.2.1	FLONA'S, objetivos e características	29
2.3	PLANO DE MANEJO E ZONEAMENTO AMBIENTAL: INSTRUMENTOS DE PROTEÇÃO ÀS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	35
2.3.1	Zoneamento Ambiental: etapa determinante à conservação da natureza.....	39
2.4	OS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO E SUA APLICAÇÃO NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL	45
2.4.1	Os Índices de Representação do Relevo como suporte no Zoneamento Ambiental de UC's	47
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
3.1	COMPILAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS	53
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO (IRR)	53
3.3	A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÕES PEDOLÓGICAS COM BASE NOS IRR ..	57
3.4	A APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY E ANÁLISE POR MÚLTIPLOS CRITÉRIOS NO ESTABELECIMENTO DAS CLASSES LIMITANTES DA FLONA DE IRATI.....	59
3.4.1	Padronização <i>Fuzzy</i>	59
3.4.2	Determinação dos Pesos e Importância Relativa.....	61
3.4.3	Análise por Múltiplos Critérios	63
3.5	A APLICAÇÃO DA TABULAÇÃO CRUZADA PARA A CORRELAÇÃO DAS CLASSES LIMITANTES AO ZONEAMENTO AMBIENTAL.....	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1	A DISPOSIÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO NA FLONA DE IRATI.....	65
4.2	A CORRELAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COM OS SOLOS DA FLONA DE IRATI	73
4.2.1	A utilização dos Índices de Representação do Relevo no detalhamento das informações pedológicas da Flona de Irati.....	89
4.3	A APLICAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COMO SUPORTE NO ESTABELECIMENTO E PLANEJAMENTO DAS ZONAS.....	95
4.3.1	A aplicação dos Índices de Representação do Relevo à determinação de classes limitantes.....	96
4.3.2	A compatibilidade entre as classes limitantes e atividade admitidas nas UC's orientando o estabelecimento das zonas.....	98
4.3.3	Correlação das classes limitantes com a proposta de Zoneamento Ambiental de Mazza (2006)	102
5	CONCLUSÃO	119
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
	REFERÊNCIAS.....	123

1 INTRODUÇÃO

Intervenções antrópicas como o desmatamento, o lançamento de resíduos e a impermeabilização do solo comprometem, gradativamente, a dinâmica natural do ambiente, desencadeando os impactos e a degradação ambiental.

Consequentemente, manifestações e movimentos ambientais ganharam força mundial na década de 1970 e no Brasil nos anos 80, resultando em reflexões e normativas de caráter conservacionista e no aumento de espaços territoriais destinados à preservação e conservação de recursos naturais, de espécies da biota e de populações tradicionais.

No Brasil, esses espaços seguem regulamentados pela lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, a qual institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC. O SNUC sistematiza as designações e questões jurídicas relacionadas às unidades de conservação, UC's, direcionando sua gestão em âmbito local, regional e nacional.

A conservação da natureza mediante a implantação de UC's requer o planejamento de estratégias e ações eficientes, as quais devem ser avaliadas e pontuadas no Plano de Manejo. Este, além da caracterização ambiental local e de entorno, estipula o Zoneamento Ambiental como medida determinante à proteção do ambiente, devido à adequação das aptidões da área às atividades previstas para determinada categoria de UC.

No entanto, parcela das UC's brasileiras não dispõe do plano, o que dificulta o planejamento e manejo das mesmas. No caso das Florestas Nacionais, FLONA's, apenas 32% da categoria possui o referido documento, sua inexistência e ou desatualização compromete o trabalho dos gestores e o cumprimento dos objetivos em parte das unidades (ICMBio, 2012).

Para Dourojeanni (2005), o desequilíbrio entre a parte descritiva e analítica e a inexistência de informações detalhadas repercute negativamente na confiabilidade dos Planos de Manejo e Zoneamentos Ambientais.

Além disso, problemas relacionados a usos conflitantes, a regulamentação fundiária e a necessidade de informações que caracterizem as variáveis físicas (Rede de Drenagem, Declividade, Solos) fazem-se presentes em grande parte das áreas protegidas nacionais.

Buscando resolver estas dificuldades o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, IBAMA, publicou uma série de Roteiros Metodológicos para a Elaboração de Planos de Manejo, onde o Zoneamento Ambiental configura-se como linha mestra para sua execução. Apesar de direcionarem as ações e apontarem os critérios a serem considerados para o zoneamento, os roteiros não esclarecem quais variáveis contemplam a obtenção dos critérios.

O Zoneamento Ambiental delimita porções territoriais a partir de suas vocações e fragilidades, compatibilizando-as com as atividades previstas para a unidade.

Assim, a quantificação e espacialização de informações inerentes à geomorfologia e pedologia devem ser consideradas, pois a análise desses elementos é imprescindível à identificação das limitações inerentes à área avaliada (SANTOS, 2004; GUERRA e MARÇAL, 2006).

Neste sentido, uma possibilidade para obtenção de tais informações é o processamento dos Índices de Representação do Relevo, IRR, obtidos a partir do Modelo Numérico do Terreno, MNT, gera informações relacionadas com a geomorfologia e pedologia. Consequentemente, a caracterização do relevo aliada a interpretação desses atributos têm orientado pesquisas relacionadas à classificação dos solos, assim como no entendimento de processos geomorfológicos.

Desta forma, infere-se que a quantificação e espacialização de índices relacionados à altitude (*Channel Network Base Level*, CNBL, e *Altitude Above Channel Network*, AACN), a declividade e comprimento de rampa (*Slope* e *Ls Factor*), a umidade (*Wetness Index*, TWI) e a erosão (*Multi Resolution Index of Valley Bottom Flatness*, MRVBF), possibilitam o entendimento da dinâmica de causa e efeito relacionada ao relevo, favorecendo a inferência da distribuição dos solos e na identificação de áreas sujeitas à erosão e sedimentação.

A caracterização dos IRR identificando formas e compartimentação do relevo, a drenagem e os parâmetros pedológicos, possibilitam a identificação de áreas com diferentes graus de limitação de uso, contemplando, em partes, a Variabilidade e a Suscetibilidade Ambiental, apontados como critérios de zoneamento nos Roteiros Metodológicos para Elaboração de Plano de Manejo de Galante *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2009).

A descrição da Variabilidade e da Suscetibilidade Ambiental nos roteiros foi sucinta, mencionou apenas a relevância de sua análise para o entendimento da

paisagem, da distribuição dos solos, da existência de áreas com maior fragilidade e da necessidade que as condições mais limitantes estejam atreladas as zonas restritivas. Não foram apontadas as variáveis, parâmetros e métodos pertinentes à aquisição dos critérios, fato que reforçou a utilização dos índices para este fim.

O processamento dos IRR resulta em informações relacionadas ao relevo, aos solos, a erosão e a sedimentação contemplando a Variabilidade e a Suscetibilidade Ambiental. A avaliação destes elementos complementam análises relacionadas ao grau de conservação, uso e biodiversidade utilizada em grande parte dos Zoneamentos Ambientais.

Mazza (2006) propôs o zoneamento para a Floresta Nacional (FLONA) de Irati, tendo como variável determinante o uso e o grau de conservação da cobertura vegetal da unidade. De posse dessa proposta e da quantificação e espacialização dos IRR, pretende-se demonstrar a relevância de informações pedológicas e geomorfológicas no planejamento e zoneamento da FLONA de Irati.

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo geral propor a utilização dos IRR como suporte no Zoneamento Ambiental de unidades de conservação, tendo como unidade de estudo a Floresta Nacional de Irati.

O cumprimento do objetivo geral está vinculado à execução dos demais específicos:

- Gerar os IRR a partir do MNT da FLONA de Irati;
- Identificar a correlação entre os valores dos IRR com as características pedológicas;
- Utilizar os IRR como variáveis à obtenção de critérios de zoneamento (Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental).
- Orientar o Zoneamento Ambiental a partir das Classes Limitantes obtidas com o processamento dos IRR.
- Correlacionar as Classes de Zoneamento proposta por Mazza (2006) as Classes Limitantes geradas a partir dos IRR.

A determinação dos IRR possibilitou a reclassificação de informações pedológicas e o estabelecimento de áreas com diferentes graus de fragilidade, demonstrando sua relevância e aplicabilidade em estudos de Zoneamento Ambiental.

A não correlação das Classes Limitantes (IRR) com a proposta de Zoneamento Ambiental de Mazza (2006) reforçou a importância da caracterização

do relevo e da análise de informações pedológicas e geomorfológicas no processo de Zoneamento Ambiental de UC.

Como a maioria das UC's, a FLONA de Irati possui dificuldades relacionadas à aquisição de recursos e a implantação de programas de pesquisas. No entanto, a facilidade de acesso e de comunicação com os gestores condicionam a realização de diversos estudos, experimentos e parcerias. Dentre os quais se destacam os convênios com a Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, e com a Empresa Brasileira de Pesquisas Agronômicas, EMBRAPA.

De posse destas parcerias, do presente estudo e dos demais já realizados a gestão da unidade tem respaldo para articular e executar seu planejamento, cumprindo com suas competências, relacionadas ao delineamento das zonas e das atividades admitidas, das diretrizes de manejo e dos programas associados concretizando os objetivos atrelados à unidade.

Ciente da relevância da caracterização dos IRR no processo de planejamento ambiental, enquadrando-se como variáveis para obtenção de critérios de zoneamento, a presente pesquisa demonstra por meio da quantificação e espacialização dos atributos topográficos (CNBL, AACN, TWI, MRVBF, *Slope* e *Ls Factor*) sua aplicabilidade e pertinência no estabelecimento do Zoneamento Ambiental e na elaboração das Diretrizes de Manejo recorrente a cada zona delineada.

1.1 ÁREA DE ESTUDO

A FLONA de Irati distribui-se em 3.618 ha, entre os municípios de Teixeira Soares e Fernandes Pinheiro, (Figura 1), a 150 km de Curitiba e 9 km de Irati. Situada na região Sudeste do Estado do Paraná, apresenta um clima ameno do tipo Cfb, Subtropical Úmido Mesotérmico, com verões frescos, sem estação seca e geada severa (MAZZA, 2006).

Sua rede de drenagem (Figura 2) conta com 81.445,59 m de rios e córregos no interior da unidade. O rio das Antas percorre toda a extensão da divisa oeste, enquanto o Imbituva adentra pela região central e se direciona sentido o limite leste. Ao norte da unidade, as várzeas de ambos se unem, formando uma extensa área alagada, configurando-se como limite e referência para a divisa da unidade (MAZZA, 2006).

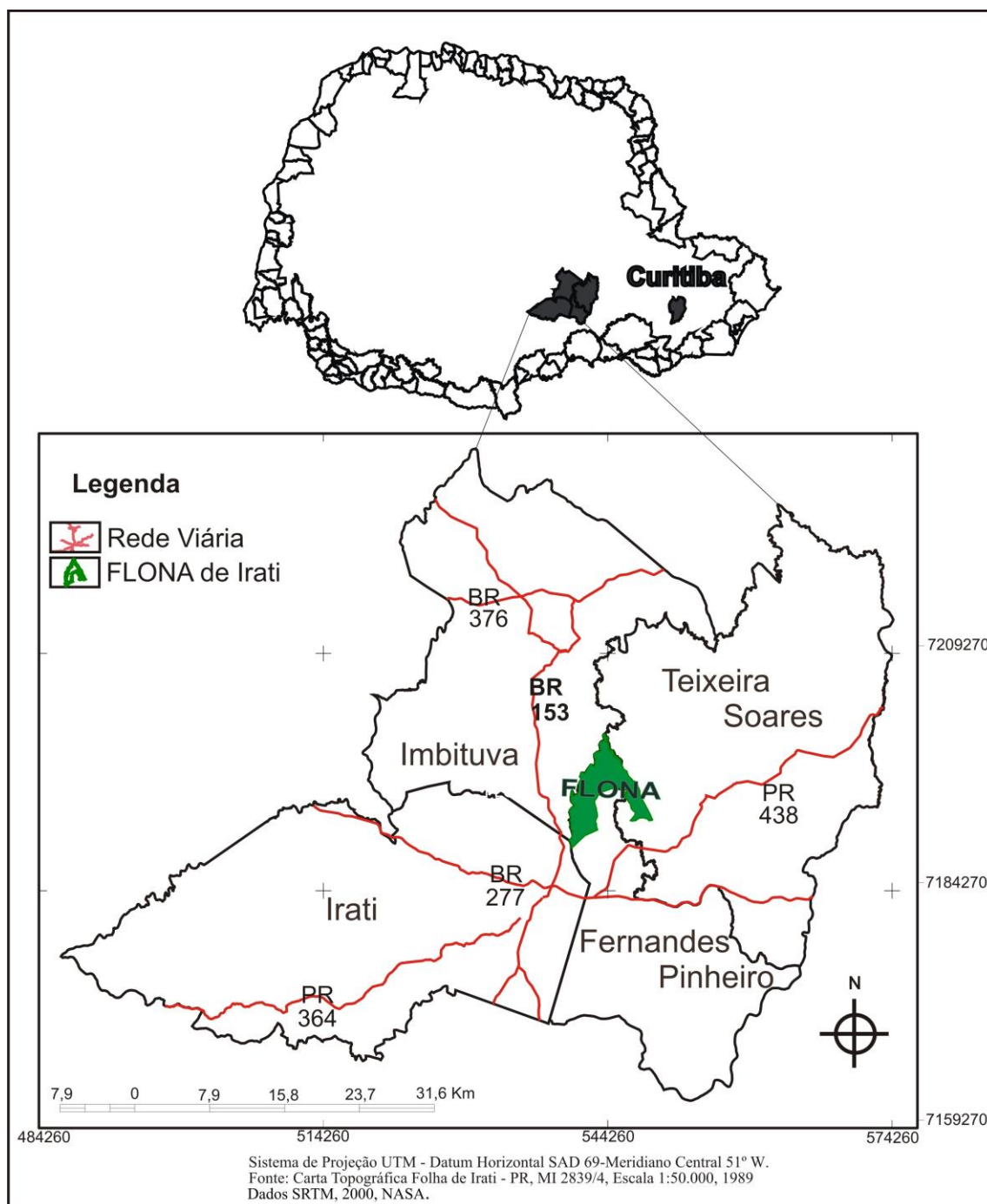


Figura 1: Localização FLONA de Irati
 Organizado: Maganhotto, 2008

A formação geológica presente na unidade corresponde aos depósitos sedimentares paleozóicos da Bacia do Paraná e estão relacionados ao Grupo Guatá, Depósitos Quaternários e Passa Dois. Ocupando 1847 ha, cerca de 51% da unidade o Grupo Guatá é o mais representativo e é constituído por arenitos, siltitos, carvão, folhelhos e calcários. Os Depósitos Quaternários correspondem a 930 ha, equivalente a 26% da área, trata-se de uma formação recente fruto da deposição areno-siltico-argilosa situa-se na região norte da unidade onde encontra-se a várzea

e junção do Rio Imbituva e Rio das Antas. Localizado na porção sudoeste o Grupo Passa Dois ocupa 841 ha, correspondendo a 23 % da FLONA caracteriza-se pela presença de siltitos acinzentados intercalados com calcário micrítico e estromatolítico (MAZZA, 2006).

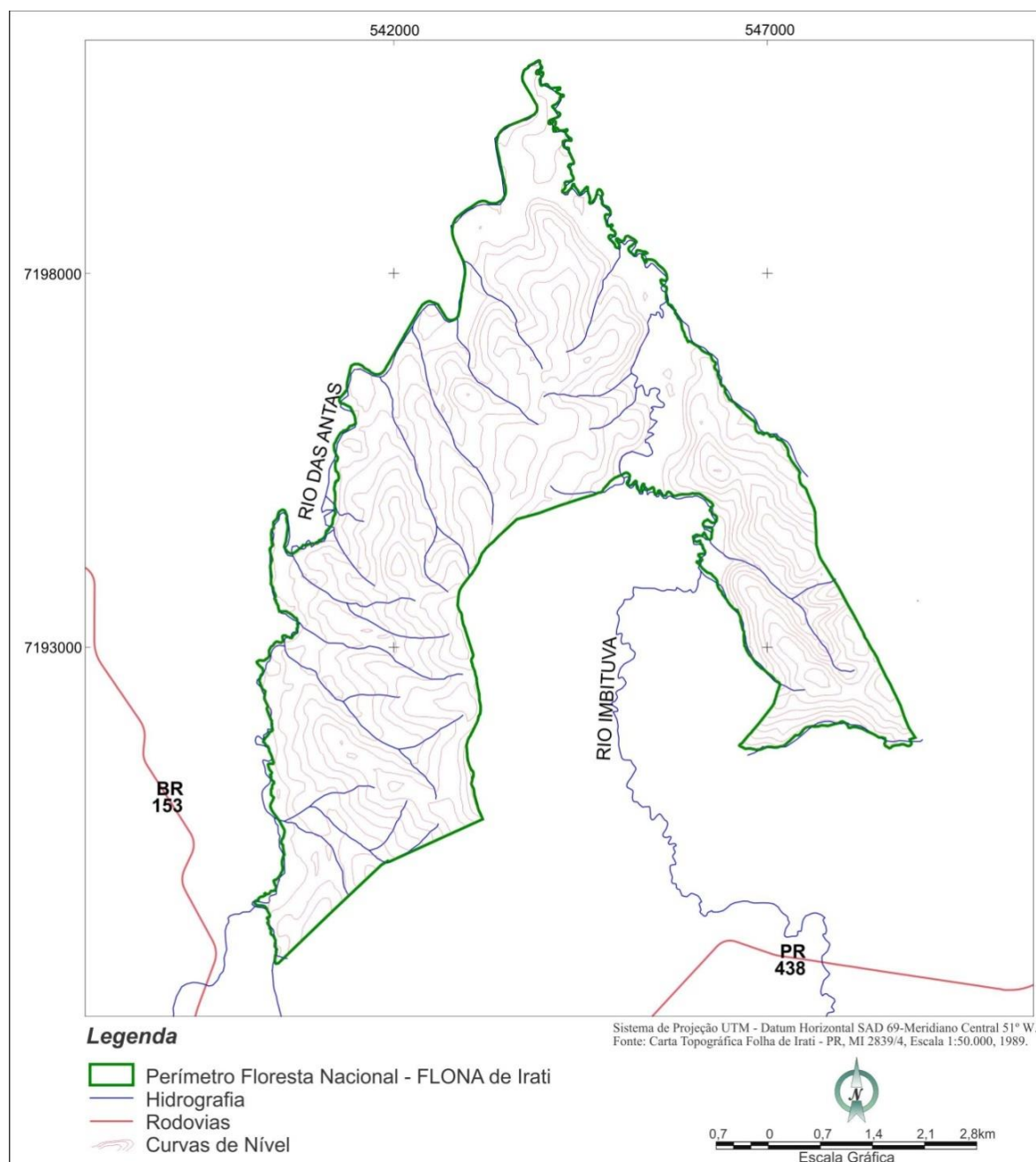


Figura 2: Rede Hidrográfica FLONA de Irati
Organizado: Maganhotto, 2008

De acordo com o levantamento de solos realizado pela EMBRAPA, a composição pedológica da FLONA de Irati compreende duas unidades de

Latossolos Distróficos (LVd2 e LVd9) e duas de Cambissolos, sendo uma Húmico Aluminico (CHa7) e a outra Háplicos Tb Distróficos (CXbd28) (Figura 3).

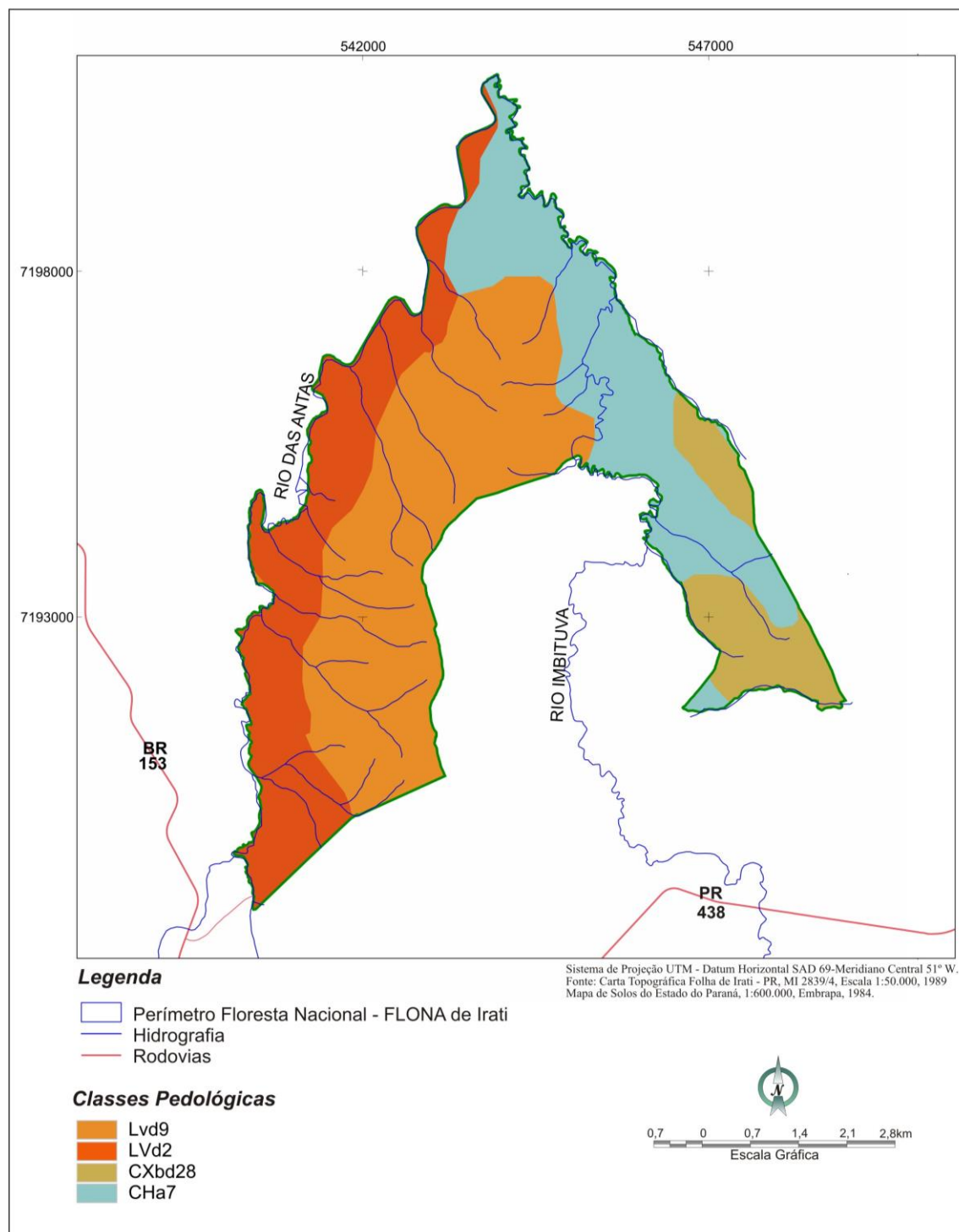


Figura 3: Mapa de Solos FLONA de Irati.
 Fonte: EMBRAPA, 1984.

A classe LVd9 é a mais representativa em área, ocupa em torno de 1460,6 ha. Em seguida, registra-se 920,2 ha para a classe CHa7, a LVd2 delimita 887,1 ha,

e, por fim, os solos CXbd28 têm sua ocupação em cerca de 349,8 ha da unidade. De acordo com a legenda descritiva do mapa de solos do Paraná (EMBRAPA, 2008), as unidades pedológicas levantadas na FLONA de Irati possuem as seguintes características:

- LVd2 – Associação de Latossolo Vermelho Distrófico úmbrico, fase relevo suave ondulado + Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico úmbrico, ambos textura argilosa, álicos fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado.
- LVd9 – Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, álico, fase floresta subtropical perenifólia, relevo suave ondulado.
- CHa7 – Cambissolo Húmico Alumínico típico, textura argilosa, fase campo subtropical, relevo forte ondulado e montanhoso, substrato filtros.
- CXbd28 – Associação de Cambissolo Háptico Tb Distrófico argissólico úmbrico, textura argilosa, substrato folhelhos silticos + Neossolo Litólico Distro-úmbrico típico, textura média, substrato arenitos e siltitos, ambos álicos, fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado.

Quanto as formas de uso do solo Mazza (2006) levantou em sua pesquisa a presença de 8 classes de uso correspondentes a floresta nativa, reflorestamento, plantio de araucária, várzeas, capoeira, estradas, linha de transmissão e infraestrutura (Figura 4).

A floresta nativa corresponde a forma de uso mais extensa da unidade ocupando cerca de 1585,45 ha, 43,8% da área, destes, a parcela menor e fragmentada situa-se na porção leste, enquanto a extensão maior e contínua localiza-se a oeste.

A área composta por reflorestamento de *Pinus spp* ocupa 860,52 ha, correspondente a 23,7% da FLONA e foi introduzida na unidade com o objetivo de fomentar o cultivo para a produção de madeira. Sua concentração maior situa-se na região leste da área, porém evidencia-se talhões menores na parte central e a oeste da unidade.

O plantio de araucária compreende 454,37 ha, 12,56% da FLONA, foi efetuado a partir de 1946 e compõem, atualmente, um denso sub-bosque. Depõem-se de forma contínua na porção oeste e centro-leste da área.

Correspondendo a 12,4% da unidade abrangendo 450,91 ha, as várzeas encontram-se associadas aos Rios Imbituva e Antas. Neste sentido, são identificadas nos limites leste avançando pela região central e oeste.

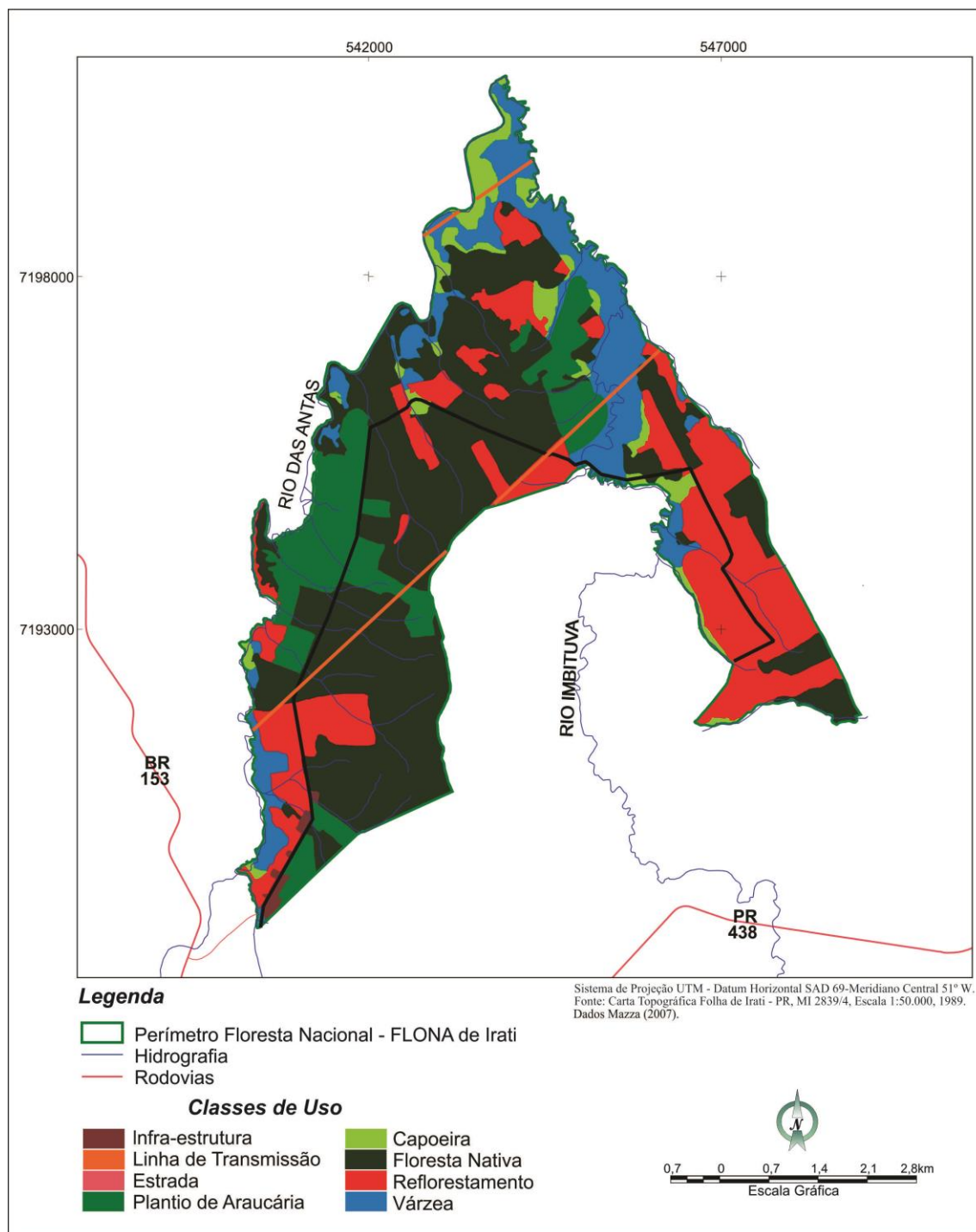


Figura 4: Uso do Solo

Fonte: Mazza 2006; Organização: Maganhotto, 2012.

Cruzam no sentido Leste-Oeste duas linhas de transmissão. A linha Irati – Sabará administrada pela Companhia Paranaense de Energia Elétrica S.A., COPEL e a linha Areia – Ponta Grossa, administrada pela Eletrosul Centrais Elétricas, S.A., ELETROSUL. A primeira percorre cerca de 7900 metros cortando áreas de várzea, floresta nativa, reflorestamento e plantio de araucária. Enquanto a segunda possui, aproximadamente, 1500 metros sobre as áreas de várzea e capoeira. Somando os valores recorrentes às duas linhas, pode-se afirmar que as mesmas ocupam em torno de 35,49 ha, equiparando-se a 0,98% da área.

E por fim, a infraestrutura e edificações de apoio e uso a administração corresponde a 12,57 ha, pontuando 0,35% da unidade. Estas correspondem a casa da administração, de hóspedes, guaritas, depósitos, residência de funcionários viveiro, museu, igreja, churrasqueira e escola.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Considerando a temática e os objetivos que nortearam a realização deste trabalho, o presente capítulo, discute temas relacionados à degradação ambiental e o despertar para conservação da natureza, as unidades de conservação e seu panorama atual, ao Plano de Manejo e Zoneamento Ambiental, aos Índices de Representação do Relevo e sua aplicação no planejamento ambiental envolvendo em pesquisas relacionadas aos solos, a geomorfologia e ao Zoneamento Ambiental.

2.1 A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E O DESPERTAR PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

As ações do ser humano junto ao meio ambiente resultam ora em consequências positivas, ora negativas. Neste sentido, a explosão demográfica, a crescente industrialização, a mecanização agrícola e os sistemas de monocultura, assim como, a generalizada implantação de paisagens construídas e a intensa exploração dos recursos energéticos e de matérias-primas tem alterado, por vezes, de modo irreversível a natureza (FÁVERO *et al.*, 2007).

Os percentuais que se seguem reforçam o descaso nas últimas décadas, assim como, a necessidade de normas e ações que venham contribuir positivamente com o ambiente.

40% da superfície da terra firme do planeta foram convertidos em áreas agropastoris de 1960 a 1990; 20% das florestas tropicais desapareceram; no Brasil, 13 %da Amazônia já não são matas, 70 a 80% do Cerrado foram (em três décadas) convertidas para usos agropecuários entre outros; e restam apenas cerca de 7% da cobertura original da Mata Atlântica (DOUROJEANNI; PÁDUA, 2001; PIMM, 2005 *apud* FÁVERO, 2007).

A apropriação dos recursos naturais pelo homem tem potencializado e acelerado as alterações na paisagem quando comparado às modificações ocorridas de forma natural. A mudança deste cenário depende diretamente de uma transformação na postura e práticas humanas perante os elementos naturais.

Lustosa *et al.* (2003) ressaltaram a importância de medidas controladoras e de conscientização ambiental. Os autores sugeriram o estabelecimento de estratégias baseadas em instrumentos de comando e controle (dispositivos jurídicos

de controle Estatal), econômicos (atrelados a compensações financeiras) e de comunicação. As leis e decretos relacionados ao ambiente orientam a utilização dos recursos, almejando sua conservação.

Seguem apresentados no Quadro 1 os principais documentos legais da Legislação Ambiental brasileira (SANTOS, 2004).

Tipo de Norma	Data	Assunto
Decreto nº 24.643	10/07/1934	Institui o código de Águas
Lei nº 4.771	15/09/1965	Institui o Código Florestal
Lei nº 5.197	03/01/1967	Dispõe sobre a proteção de fauna
Dec.-Lei nº 221	28/02/1967	Dispõe sobre a proteção e estímulos à pesca.
Lei nº 6.513	20/12/1977	Dispõe sobre a criação de Áreas Especiais e de Interesse Turístico;
Lei nº 6.938	31/08/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
CONAMA nº 001	23/01/1986	Estabelece as diretrizes para avaliação de impacto ambiental.
Lei nº 7.511	07/07/1986	Altera dispositivos da Lei nº 4.771 e institui o novo Código Florestal
CF do Brasil	05/10/1988	Capítulo VI – Do Meio Ambiente: Artigo 225.
Lei nº 7.804	18/07/1989	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
Decreto nº 99.274	06/06/1990	Dispõe sobre Estações Ecológicas.
Decreto nº 1.354	29/12/1994	Institui, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, o programa Nacional da Diversidade Biológica e dá outras providências.
Lei nº 94.338	08/01/1997	Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos
Lei nº 9.605	12/02/1998	Lei de Crimes Ambientais
Lei nº 9.985	18/06/2000	Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC.
CONAMA nº 302	20/03/2002	Dispõe sobre os parâmetros das APP's e o regime de uso do entorno.
CONAMA nº 303	20/03/2002	Dispõe sobre os parâmetros das APP's.
Lei nº 12.651	25/05/2012	Dispõe sobre o novo Código Florestal

Quadro 1: Legislação Ambiental: principais documentos legais

Fonte: Santos (2004)

Organizador: Maganhotto, 2011.

O conteúdo apontado no Quadro 1, além de buscar a preservação da natureza, prioriza melhorar a qualidade ambiental e o desenvolvimento socioeconômico. Estas medidas garantem a proteção legal dos recursos, no entanto, faz-se necessário uma fiscalização continua para assegurar a aplicação das diretrizes previstas na Legislação Ambiental.

Nos anos 1970 e 1980, a conservação e a preservação da natureza, assim como, a integração do homem ao meio passaram a ter um importante papel na discussão da qualidade de vida da população. Ao observar a data dos documentos apontados no Quadro 1, nota-se que o apoio jurídico se intensificou no Brasil, a partir da década de 80, fomentando discussões em prol da conservação e ações de combate aos impactos resultantes do mau uso e do lançamento indiscriminado de dejetos na natureza.

Paralelamente, foi reforçado o entendimento do ambiente como um sistema vivo, aberto, integrado e dependente de um uso racional e equilibrado para sua manutenção.

Consequentemente, os estudos passaram a ser orientados e interpretados por meio de uma análise sistêmica que estimulou o levantamento e análise de uma série de fatores. Neste contexto, essas variáveis, sejam elas provenientes do meio natural ou antropizado, devem ser avaliadas de forma interativa, possibilitando o conhecimento e compreensão da dinâmica do meio natural (SANTOS, 2004).

Para Ross (2006, p. 52), os problemas ambientais decorrentes de práticas econômicas predatórias marcam a história deste País. O desperdício dos recursos naturais e a degradação generalizada resultam em implicações para a sociedade a médio e longo prazos, tornando urgente o planejamento na perspectiva ambiental.

Planejar significa tentar prever a evolução de um fenômeno ou, tentar simular os desdobramentos de um processo, com o objetivo de melhor precaver-se contra prováveis problemas ou, inversamente, com o fato de melhor tirar partido de prováveis benefícios. De sua parte, gestão remete ao presente: gerir significa administrar uma situação dentro dos marcos dos recursos presentemente disponíveis e tendo em vista as necessidades imediatas. O planejamento é a preparação para a gestão futura (SOUZA, 2002, p. 46).

De forma resumida, Santos (2004, p. 24) conceituou planejamento como:

[...] um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análises sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis.

Para Galante *et al.* (2002), o planejamento em áreas naturais ocorre de forma processual caracterizando-se como contínuo, gradativo, flexível e participativo.

Deve manter a correlação entre a evolução e a profundidade do conhecimento, a motivação, os meios e o grau de intervenção no manejo da unidade de conservação. Além disso, estabelece a relação de prioridades entre as ações, mantendo, ao longo do tempo, as grandes linhas e diretrizes que orientam o manejo, permitindo o ajuste durante a sua implementação e contando com o envolvimento da sociedade em diferentes etapas de sua elaboração.

Para promover a conservação na natureza, é fundamental o reconhecimento de suas funções como suporte, condição e potencial do processo de produção, admitindo-se limites à apropriação dos bens e serviços (FÁVERO *et al.*, 2007).

A paisagem é intrínseca e apresenta diferentes suscetibilidades aos usos das terras, sua utilização de forma racional e equilibrada está associada ao entendimento de suas funções, pois sua capacidade de manutenção, ou seja, de manter-se e reorganizar-se se relacionam as suas aptidões e limitações (MCHARG, 2000).

Para Ross (2006, p. 59), a correlação das informações integradas resulta na identificação de espaços territoriais a que se pode denominar de unidades de paisagens, unidades de terras, unidades ambientais ou ainda sistemas ambientais, com base nos quais se formula o entendimento das fragilidades potenciais e emergentes, bem como as potencialidades dos recursos naturais e as potencialidades humanas dos grupos sociais que habitam esses espaços, ou esses lugares.

A Estratégia Mundial para a Conservação da Natureza (UICN, 1984) apresentou uma série de recomendações, dentre as quais, foi mencionada à relevância da criação ou revisão de um Sistema de Áreas Protegidas para cada país.

Moore e Ormazábal (1998, p. 2-3) reforçaram a ideia da organização e aplicação de um Sistema Nacional de Áreas Protegidas Silvestres, SNASP, e definiram estes espaços como:

[...] es un conjunto de espacios naturales protegidos de relevante importâncias ecológica y social, pertenecientes a la nación, que ordenadamente relacionados entre sí y a través de su protección y manejo, contribuyen al logro de determinados objetivos de conservación y, a su vez, al desarrollo sostenido de la nación. [...] requiere que se empreenda un estudio global y completo de los recursos naturales [...].

A criação desses espaços tende a contribuir no combate ao desmatamento ilegal associado à grilagem; a proteção da biodiversidade; e as demandas das populações tradicionais. Neste contexto, as UC's brasileiras, embasadas pelo SNUC, almejam a preservação e conservação ambiental de forma legal, técnica e científica.

O estabelecimento de áreas protegidas configura-se como uma estratégia para a conservação ambiental em âmbito mundial. Terborgh e Schaik (2002) estimaram que cerca de 5% da Terra encontra-se protegida sob a forma de áreas legalmente constituídas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, IBAMA, (1997); Brandon (1998); e Nascimento e Carvalho (2003) a criação e implementação de UC's é uma estratégia eficaz de preservação e conservação do patrimônio natural, garantindo a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas e assegurando proteção à fauna, a flora e aos processos ecológicos.

Para Milano (2000), o eixo de estruturação de preservação da diversidade biológica é alcançado com a proteção dos recursos hídricos, o desenvolvimento de pesquisas científicas, o equilíbrio climático e ecológico e a preservação de espécies, fatores recorrentes aos objetivos das unidades de conservação.

Para Brandon (1998), as unidades são a chave para conservação da Amazônia, do Pantanal, da Caatinga, da Mata Atlântica e do Cerrado. Os dois últimos são considerados os *hotspots* de biodiversidade brasileiros (área com excepcional concentração de espécies endêmicas e com representativa perda de *habitats*).

De acordo com o posicionamento dos autores citados anteriormente, acredita-se que as UC's têm sua contribuição na preservação da natureza, mas entende-se que sua criação, por si só, não é garantia de um uso racional dos recursos. Faz-se necessário à implementação da unidade de modo planejado tendo como base para sua gestão o Plano de Manejo e o Zoneamento Ambiental, os quais devem ser elaborados a partir de uma análise integrada das variáveis físicas, biológicas e antrópicas presentes na áreas em estudo.

Assim, o próximo item contextualiza e apresenta um apanhado das condições das UC's Federais, explicitando sua regulamentação, evolução, grupos, categorias e respectiva abrangência.

2.2 CONTEXTUALIZAÇÃO E PANORAMA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO FEDERAIS

A implementação de áreas destinadas à conservação da natureza foi marcada pela criação do Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos em 1872. No Brasil, a primeira iniciativa, partiu de André Rebouças, em 1876, o engenheiro propôs dois parques: um na Ilha do Bananal, TO, e outro em Sete Quedas, PR. No entanto, a primeira unidade brasileira veio em 1937 com a implantação do Parque Nacional de Itatiaia compreendendo áreas dos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais (PIRES, 2002).

Atualmente, o Brasil possui 312 unidades de conservação, UC's, de âmbito federal, somando em torno de 75.091.600 ha, distribuídos por todo o país protegendo os biomas brasileiros (ICMBio, 2012).

A criação das UC teve maior expressividade a partir da década de 80 em que foram criadas 91 unidades. A década de 90 foi marcada pela criação de 54 unidades, correspondendo a 17% das unidades federais já legitimadas. No entanto, o período entre 2000 e 2012 corresponde a criação do maior número de UC's (130), correspondendo a 42% das unidades federais instituídas. O Gráfico 1 apresenta a evolução no número de UC's federais de 1937 a 2012.

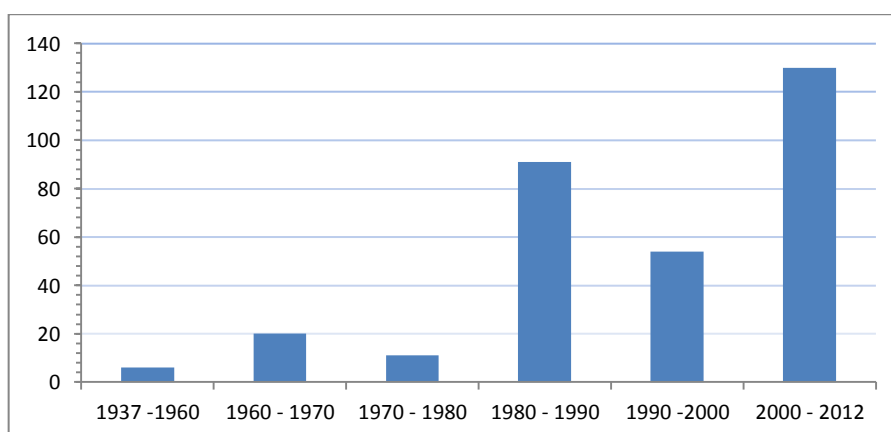


Gráfico 1: Período de Criação das UC's Federal.
 Fonte: ICMBio (2012).
 Organizador: Maganhotto (2011).

De acordo com o ICMBio (2012), a conscientização ambiental, a criação da Lei 9.985, os esforços do Governo Federal, a criação do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade, ICMBio, em agosto de 2007, aliado ao posicionamento do Instituto

Nacional de Colonização e Reforma Agrária, INCRA, e do Exército Brasileiro em ceder áreas que não tinham interesse, contribuíram com o aumento no número de unidades nos últimos 12 anos.

Orientando este processo o SNUC, instituído pela Lei 9.985, estabeleceu normas gerais para a criação, implantação e gestão das UC's. Além de legitimar estas áreas, sistematizou suas designações e questões jurídicas facilitando a gestão dos recursos em âmbito local, regional e nacional.

Segundo o SNUC (BRASIL, 2000), em seu artigo 2º, as UC's são definidas oficialmente como o:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL,2000).

Os objetivos do SNUC (BRASIL, 2000), de acordo com o disposto em seu artigo 4º, são:

- I. contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- II. proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- III. contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- IV. promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- V. promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- VI. proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- VII. proteger as características de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, paleontológica e cultural;
- VIII. proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- IX. recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- X. proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- XI. valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- XII. favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- XIII. proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

O SNUC determinou 12 categorias de UC's organizadas de acordo com seus objetivos de manejo e tipos de uso, nos grupos de Unidades de Proteção Integral e de Uso Sustentável (IBAMA, 2006).

As Unidades de Proteção Integral tem como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na lei, enquanto que as Unidades de Uso Sustentável tem como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso direto de parcela dos seus recursos naturais (IBAMA, 2006).

O SNUC busca a proteção da diversidade biológica, das características geológicas, geomorfológicas, edáficas e hidrológicas, centrando-a em um eixo fundamental da conservação. Neste contexto, nota-se a existência de uma regulamentação fundamentada por um conjunto de instrumentos legais favoráveis não apenas a criação, mas também a implantação e gestão dessas áreas.

A Tabela 1 apresenta de forma detalhada a distribuição das UC's Federais, facilitando a verificação do número de unidades para cada categoria e grupo. Conforme o descrito no quadro que se segue, evidencia-se que os Parques Nacionais – PARNA's, seguido das Florestas Nacionais – FLONA's, Reservas Extrativistas – RESEX e Áreas de Proteção Ambiental - APA's, são as categorias mais expressivas territorialmente.

Tabela 1: Modalidades de UC's do Brasil e sua extensão territorial

Grupo	PROTEÇÃO INTEGRAL				
Categoria	MN	PARNA	EE	REBIO	REVIS
Nº de UC's	3	68	31	30	7
Área/ha	44.285	25.251.655	6.808.789	3.870.264	201.881
As UC's de Proteção Integral totalizam 139 unidades abrangendo 36.176.876 ha.					
Grupo	USO SUSTENTÁVEL				
Categoria	APA	ARIE	RESEX	FLONA	RDS
Nº de UC's	32	16	59	65	1
Área/ha	10.018.603	44.828	12.338.475	16.448.353	64.441
As UC's de Uso Sustentável totalizam 17três unidades abrangendo 38.914.702 ha.					
UC's de Proteção Integral (36176876.701) + UC's de Uso Sustentável (38914702.015) = 75091578,716 ha protegidos por UC's.					

Fonte: ICMBio, 2012

Foram registradas cinco categorias para o grupo de Unidade de Proteção Integral (Monumento Natural – MN, Parque Nacional – PARNA, Estação Ecológica – EE, Reserva Biológica – REBIO e Refúgio da Vida Silvestre - REVIS) e cinco categorias para o grupo da Unidade de Uso Sustentável (Área de Proteção Ambiental – APA, Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE, Reserva

Extrativista – RESEX, Floresta Nacional – FLONA e Reserva do Desenvolvimento Sustentável – RDS) abrangendo, respectivamente 36.176.876 ha e 38.914.702 ha.

Quanto aos *hotspots* brasileiros, o cerrado possui cerca de 5.050.511 ha e a mata atlântica 2.845.355 ha protegidos sob a forma de unidades de conservação federal, valores condizentes a 10% da extensão territorial nacional protegida sob a forma de UC (ICMBio, 2012).

Conforme o observado na Tabela 1, as UC's inseridas no grupo de uso sustentável ocupam cerca de 38.914.702,015 ha do território nacional. Assim pode-se afirmar que, cerca de, 52% das unidades de conservação brasileiras enquadram-se no grupo de uso sustentável (ICMBio, 2012).

O aumento no número de unidades de uso sustentável, por vezes, mais fáceis de estabelecer, devido à possibilidade de utilização controlada dos recursos naturais, foi registrado a partir da década de 70 (DOUROJEANNI; PÁDUA, 2001; NUCCI; FÁVERO, 2003).

No Brasil, das 130 unidades criadas nos últimos 12 anos, 49 pertencem ao grupo de proteção integral e 81 ao de uso sustentável. Em percentuais, 62% das UC's federais criadas desde 2000 permitem o uso controlado dos seus recursos (ICMBio, 2012).

As Florestas Nacionais, FLONA's, segunda categoria de UC mais antiga do Brasil, datando de 1946, com a criação da Floresta Nacional de Araripe Apodi, CE, enquadram-se neste grupo como a categoria mais expressiva territorialmente, abrange cerca de 16.448.354 ha o que corresponde a 21% do total de áreas protegidas por UC.

Devido sua abrangência e relação com a presente pesquisa, as próximas linhas contextualizam a referida categoria, expondo suas características, seu surgimento e evolução, objetivos e existência e relevância do plano de manejo para sua gestão.

2.2.1 FLONA's, objetivos e características

O Instituto Nacional do Pinho, INP, foi criado em 1941 com o objetivo de coordenar e superintender os trabalhos relativos à defesa da produção do pinho (*Araucaria angustifolia*.) Com a criação deste instituto, o governo passou a comprar áreas marcando o início dos Parques Florestais.

Em 1967, o Instituto foi reestruturado e incorporado ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), nesta fase o objetivo de produção madeireira e de mudas foi mantido, mas os Parques Florestais foram transformados em Floresta Nacionais, tendo como referência para denominação o município em que se localizavam (MAZZA, 2006).

As FLONA's foram efetivamente regulamentadas somente na década de 1990, por meio do Decreto nº 1.298 de 27 de outubro de 1994, configurando-se como:

[...] áreas de domínio público, providas de cobertura vegetal nativa ou plantada, estabelecidas com o objetivo de promover o manejo dos recursos vegetais, garantir a proteção de recursos hídricos, das belezas cênicas, e dos sítios históricos e arqueológicos, assim como fomentar o desenvolvimento da pesquisa científica básica e aplicada, da educação ambiental e das atividades de recreação, lazer e turismo.

De acordo com IBAMA (2004), este decreto fortaleceu e consolidou o conceito de uso múltiplo dos recursos naturais dessas unidades em oposição à abordagem anterior de que as FLONA's seriam apenas para produzir madeira e para o plantio de espécies de rápido crescimento, princípios do Instituto Nacional do Pinho e IBDF, órgãos que antecederam o IBAMA.

Como as demais unidades, a partir de 18 de julho de 2000, estas áreas passaram a ser regulamentadas pela Lei nº 9.985, que, em seu artigo 17 e incisos 1º a 6º (BRASIL, 2000), define as FLONA's como:

[...] área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.

§ 1º A Floresta Nacional é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas de acordo com o que dispõe a lei.

§ 2º Nas Florestas Nacionais é admitida a permanência de populações tradicionais que a habitam quando de sua criação, em conformidade com o disposto em regulamento e no Plano de Manejo da unidade.

§ 3º A visitação pública é permitida, condicionada às normas estabelecidas para o manejo da unidade pelo órgão responsável por sua administração.

§ 4º A pesquisa é permitida e incentivada, sujeitando-se à prévia autorização do órgão responsável pela administração da unidade, às condições e restrições por este estabelecidas e àquelas previstas em regulamento.

§ 5º A Floresta Nacional disporá de um Conselho Consultivo, presidido pelo órgão responsável por sua administração e constituído por representantes de órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e, quando for o caso, das populações tradicionais residentes.

§ 6º A unidade desta categoria, quando criada pelo Estado ou Município, será denominada, respectivamente, Floresta Estadual e Floresta Municipal.

De acordo com o banco de dados da Coordenação de Elaboração e Revisão de Plano de Manejo do ICMBio, o Brasil possui 65 Florestas Nacionais, situadas em todas as regiões do país, protegendo parcela da Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Pampa e Caatinga.

No período recorrente ao intervalo de 2000 a 2010 foram criadas 27 FLONAS, ou seja, cerca de 40% das Florestas Nacionais surgiram na última década. De 1990 a 2000, tem-se o registro de 11 FLONA's e de 1970 a 1990 e 1946 a 1970 criaram-se, respectivamente, 14 e 13 FLONA's. Estas informações seguem representadas no Gráfico 2:

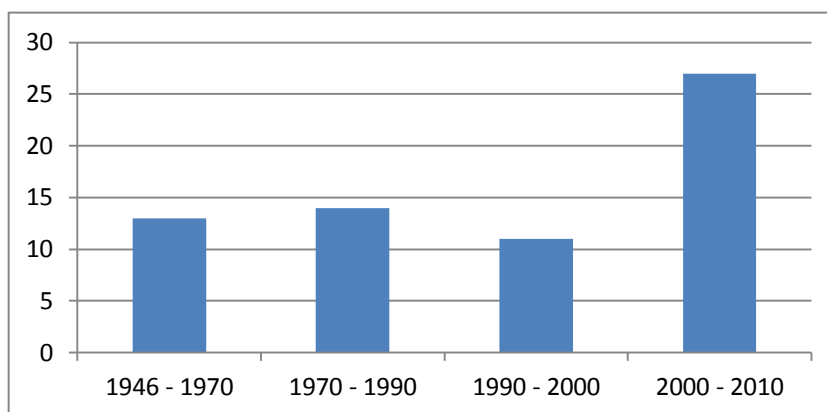


Gráfico 2: Período de Criação das FLONA's.

Fonte: ICMBio (2012).

Organizador: Maganhotto (2011).

De acordo com o ICMBio (2012) grande parte das FLONA's foi instituída após o ano de 2000, acredita-se que este crescimento justifica-se pelos esforços do Governo Federal e pelas terras ofertadas pelo Exército Brasileiro e pelo INCRA.

Ao analisar a Tabela 2, nota-se que esta categoria é mais expressiva territorialmente na Região Norte, onde 32 FLONA's ocupam em torno de 16.338.231 ha; em seguida, a Região Nordeste soma uma área de 66.819 ha, distribuídos entre 10 unidades; a Região Sudeste possui cerca de 16.207 ha, dispostos em 10 unidades; apesar de possuir o mesmo número de FLONA's que as regiões

anteriores, as unidades do Sul abrangem uma área menor, correspondente a 15.262 ha aproximadamente; por fim a região Centro-Oeste possui três unidades desta categoria, somando 11.832 ha.

Tabela 2: Informações básicas para contextualização das FLONA's

(continua)

FLONA	ANO	REGIÃO	UF	ÁREA/ha	BIOMA	P. MANEJO
De Roraima	1989	Região Norte	RR	167.329,93	Amazônia	Não possui
De Anauá	2005		RR	259.400	Amazônia	Não possui
Do Jamari	1984		RO	222.114,24	Amazônia	Aprovado em 2005
De Amapá	1989		AP	460.438,73	Amazônia	Fase de aprovação
De Bom Futuro	1988		RO	97.384,49	Amazônia	Não possui
De Jacunda	2004		RO	221.217,62	Amazônia	Aprovado em 2010
De Purus	1988		AM	256.121,13	Amazônia	Aprovado em 2009
Do Iquiri	2008		AM	1.472.598,67	Amazônia	Não possui
De Balata Tufari	2002		AM	1.079.668,71	Amazônia	Não possui
Do Amazonas	1989		AM/RR	1.944.209,59	Amazônia	Não possui
De Humaitá	1998		AM/RO	473.154,76	Amazônia	Em elaboração
De Mapiá-Inauini	1989		AM	368.947,86	Amazônia	Aprovado em 2009
De Tefé	1989		AM	865.119,00	Amazônia	Não possui
De Jatuarana	2002		AM	569.422,77	Amazônia	Não possui
De Pau Rosa	2001		AM/PA	988.175,85	Amazônia	Não possui
Do Amana	2006		PA/AM	539.571,39	Amazônia	Aprovado em 2009
De Itaituba I	1998		PA	220.693,44	Amazônia	Em elaboração
De Itaituba II	1998		PA	427.366,56	Amazônia	Em elaboração
De Altamira	1998		PA	724.965,51	Amazônia	Em elaboração
Do Crepori	2006		PA	741.244,51	Amazônia	Aprovado em 2009
De Itacaiuna	1998		PA	136.698,91	Amazônia	Não possui
De Mulata	2001		PA	216.601,41	Amazônia	Não possui
Do Jamanxim	2006		PA	1.301.683,04	Amazônia	Aprovado em 2008
Do Trairão	2006		PA	257.526,32	Amazônia	Aprovado em 2010
De Tapiraré Aquiri	1989		PA	196.503,94	Amazônia	Aprovado em 2004
Do Tapajós	1974		PA	549.066,87	Amazônia	Aprovado em 2005
De Saracá Taquera	1989		PA	441.282,63	Amazônia	Em revisão
De Carajás	1998		PA	392.725,14	Amazônia	Aprovado em 2004
De Caxuanã	1961		PA	317.946,37	Amazônia	Em elaboração
De São Francisco	2001		AC	21.147,67	Amazônia	Não possui
De Santa Rosa do Purus	2001		AC	231.555,52	Amazônia	Não possui
De Macaúã	1988		AC	176.349,02	Amazônia	Não possui
Do Ibura	2005	Região Nordeste	SE	144,14	M. Atlântica	Não possui
De Sobral	1967		CE	661,01	Caatinga	Não possui
Do Araripe Apodi	1946		CE	38.330,94	Caatinga	Aprovado em 2005
De Palmares	2005		PI	168,21	Caatinga	Não possui
De Nísia Floresta	2001		RN	168,84	M. Atlântica	Em elaboração
De Açú	2001		RN	218,46	Caatinga	Não possui
De Negreiros	2007		PE	3.004,52	Caatinga	Não possui
Da Restinga de Cabedelo	2004		PB	116,83	M. Atlântica	Não possui
De Cont. do Sincorá	1999		BA	11.215,78	Caatinga	Aprovado em 2006
De Cristópolis	2001		BA	12.790,54	Cerrado	Não possui

(conclusão)

FLONA	ANO	REGIÃO	UF	ÁREA/ha	BIOMA	P. MANEJO
De Silvânia	2001	Centro-Oeste	GO	486,37	Cerrado	Em elaboração
Da Mata Grande	2003		GO	2.010,05	Cerrado	Não possui
De Brasília	1999		GO	9.336,14	Cerrado	Não possui
De Paraopeba	2001	Região Sudeste	MG	203,29	Cerrado	Não possui
De Ritápolis	1999		MG	89,19	M. Atlântica	Aprovado em 2005
De Passa Quatro	1968		MG	335,37	M. Atlântica	Aprovado em 2009
De Mario Xavier	1986		RJ	495,99	M. Atlântica	Não possui
De Rio Preto	1990		ES	2.817,37	M. Atlântica	Aprovado em 1999
De Pacotuba	2002		ES	449,44	M. Atlântica	Aprovado em 2011
De Goytacazes	2002		ES	1.376,60	M. Atlântica	Em elaboração
De Capão Bonito*	1968		SP	4.773,83	M. Atlântica	Não possui
De Lorena	2001		SP	281,41	M. Atlântica	Em elaboração
De Ipanema	1992		SP	5384,78	M. Atlântica	Em revisão
De Piraí do Sul	2004	Região Sul	PR	170,22	M. Atlântica	Em elaboração
De Irati	1968		PR	3.802,48	M. Atlântica	Em elaboração
De Assungui	1968		PR	561,36	M. Atlântica	Em elaboração
De Três Barras	1968		SC	4.385,33	M. Atlântica	Em elaboração
De Caçador*	1968		SC	706,53	M. Atlântica	Não Possui
De Chapecó	1968		SC	1.604,35	M. Atlântica	Em elaboração
De Ibirama	1988		SC	519,35	M. Atlântica	Aprovado 2008
De São Franc. de Paula	1968		RS	1.615,59	Pampa	Não Possui
De Passo Fundo	1968		RS	1.333,61	M. Atlântica	Aprovado em 2011
De Canela	1968		RS	563,52	M. Atlântica	Em elaboração

 Possui Plano
  Em elaboração
  Possui Plano

Fonte: ICMBio (2012)

Organizador: Maganhotto (2012)

As FLONA's apresentam algumas especificidades, como as diferenças de extensão, biomas e objetivos de sua criação, entretanto, é comum para esta categoria, assim como para as demais UC's, algumas irregularidades como a inexistência de plano de manejo, regularização fundiária e carência de recursos para seu planejamento e gestão.

Das 65 Florestas Nacionais, 21 possuem Plano de Manejo, 16 estão em fase de elaboração e 28 encontram-se desprovidas desse estudo. Espera-se, com o passar dos anos, que a inversão deste quadro impulse as estratégias e ações para o cumprimento dos objetivos das unidades. Para o SNUC (2002), a administração correta das unidades de conservação está atrelada ao Plano de Manejo/Gestão.

De acordo com os Roteiros Metodológicos esse estudo deve ser elaborado no prazo de cinco anos a partir da data de criação da UC, compreendendo o

perímetro interno, seu entorno e os corredores ecológicos. No entanto, isto não condiz com a realidade das UC's brasileiras, dentre as FLONA's que não possuem Plano de Manejo, apenas a do Iquiri não ultrapassou o período de cinco anos, previsto no SNUC, para sua elaboração.

Para o ICMBio (2012), o Plano de Manejo não tem prazo para implementação, seu cronograma é analisado e ajustado todo momento, em função das disponibilidades de recursos financeiros, humanos e da capacidade institucional de implementá-lo.

Somado a inexistência e ou desatualização do Plano de Manejo parte das UC's apresentam problemas relacionados à regularização fundiária e a carência de pessoal capacitado (JORGE PÁDUA, 1997; MILANO, 1997, COSTA, 2002). Realidade oposta aos princípios de conservação, já que estas pendências comprometem o planejamento e a gestão destas áreas.

Terborgh e Schaik (2002) mencionaram que, independentemente da localização geográfica, categoria e objetivo de criação, a implementação efetiva e a gestão de muitas destas áreas deixam a desejar, não cumprindo, muitas vezes, com a sua função conservacionista.

A Reserva Biológica das Araucárias, o Parque Nacional Saint Hilaire/Lange, o Parque Nacional dos Campos Gerais e a FLONA de Irati são exemplos de unidades paranaenses enquadradas em categorias e grupos distintos com objetivos de criação diferentes, mas que têm em comum certas irregularidades. Apesar de criadas mediante decreto, questões relacionadas aos seus limites, ao quadro funcional e ao plano de manejo, atrapalham o seu desenvolvimento.

De acordo com Angelo-Furlan e Nucci (1999); Dourojeanni e Pádua (2001); Nucci e Fávero (2003); e Fávero (2007), os SNASPs nos países tropicais apresentam limitações por não terem alcançado os objetivos propostos de proteção para a conservação, devido à falta de uma avaliação detalhada dos aspectos naturais e socioculturais.

A inexistência e a desatualização dos Planos de Manejo e a carência de metodologias de suporte ao Zoneamento Ambiental reforçam a necessidade de novos estudos que identifiquem critérios e parâmetros aplicáveis ao planejamento ambiental das UC's.

Para Fávero (2007), a conservação da natureza pressupõe o reconhecimento dos seus limites à apropriação de bens e serviços, suas diferentes

condições devem ser avaliadas, garantindo sua integridade com estratégias de uso fundamentadas no conhecimento científico das funções e dinâmicas naturais. Estes conhecimentos aliado a um manejo integrado e articulado à participação das populações locais são decisivos no planejamento da exploração e proteção de determinado ambiente.

Conforme já exposto nos objetivos do SNUC, além da conservação da biodiversidade, a proteção dos solos, do relevo e das rochas, também, foi prevista. Desta forma, a análise de variáveis relacionadas à geomorfologia e a pedologia mostra-se pertinente e necessária aos estudos direcionados ao planejamento de unidades de conservação.

A obtenção desses elementos, por meio do processamento dos Índices de Representação do Relevo, espacializando e quantificando informações relacionadas ao relevo e aos solos, podem ser utilizados como critérios auxiliares no Zoneamento Ambiental, o qual se configura como etapa fundamental a orientação e a concretização do Plano de Manejo.

Frente à importância do Plano de Manejo para a conservação e proteção da natureza nas unidades de conservação e a necessidade de entendimento das variáveis físicas para a elaboração deste documento, o próximo subcapítulo expõe conceitos, objetivos, etapas, roteiros e fragilidades vinculadas à execução do referido estudo.

2.3 PLANO DE MANEJO E ZONEAMENTO AMBIENTAL: INSTRUMENTOS DE PROTEÇÃO ÀS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Os esforços para a elaboração de Planos de Manejo iniciou na América do Norte, sendo disseminado na Europa, África e Oceania. Na América Latina, o primeiro plano elaborado foi o do Parque Nacional Canaima (Venezuela), concluído em 1962. Prática que se estendeu por toda América Latina a partir de 1970, alcançando sua melhor expressão na Costa Rica. Atualmente, muitas das áreas protegidas no mundo dispõem deste documento, mas nem sempre estes se encontram atualizados ou com qualidade adequada para orientar uma boa gestão (DOUROJEANNI, 2005).

No Brasil, a preocupação com o planejamento das unidades de conservação data de 1977, década em que foram realizados os primeiros planejamentos para

Parques Nacionais. No final dos anos 1980 estes estudos foram pensados para algumas FLONA's da região Sul, no entanto, fatores como alto custo financeiro e a baixa participação das equipes na elaboração dos planos comprometeram os resultados almejados (BEZERRA, 2004).

A esperança era de que a criação de conselhos consultivos e de planos de manejo, previstos no SNUC, orientasse o planejamento e a gestão das UC's, assegurando assim o cumprimento dos seus objetivos. Neste contexto, as metas instituídas no Plano Nacional de Áreas Protegidas, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente, MMA (2006, p. 26), almejavam:

Até 2008 criar e revisar os roteiros metodológicos para elaboração dos planos de manejo. Até 2010 100% das unidades de conservação criadas até 2006 com conselhos oficialmente criados e efetivamente implementados. Até 2010 100% das unidades de conservação com planos de manejo elaborados, revisados e em implementação. Até 2012 concluir, no âmbito dos órgãos ambientais, os processos de regularização fundiária de todas as unidades de conservação.

As metas não foram alcançadas, além disso, percebeu-se que o SNUC regulamenta, mas por si só não é suficiente para a conservação da natureza. Aliado a regulamentação faz-se necessário investimento para concretizar o Plano de Manejo e o Zoneamento Ambiental, possibilitando, assim, uma gestão efetiva.

Para Gama (2002), o nosso país apresenta “um quadro em que as unidades de proteção estão segmentadas e em estágio de degradação, onde urge conhecer a dinâmica da ação antrópica e a dinâmica da própria natureza, fundamentais para o processo de criação e manutenção das UC's”.

Gama (2002) afirma que

[...] até mais recentemente não se tinha a preocupação de se desenvolver metodologias adequadas à elaboração de Planos Diretores Ambientais ou de Planejamento e Gestão, o importante era criar a unidade de conservação nas mais diversas formas e garantir, pelo menos legalmente, a sua proteção.

Consequentemente, a elaboração do Plano de Manejo não acompanhou o grande número de unidades criadas na última década. O estado do Paraná, por exemplo, possui 3 Florestas Nacionais (FLONA de Assungui, de Piraí do Sul e de Irati), 5 Parques Nacionais (Parque Nacional do Iguaçu, do Superagui, de Ilha Grande, Saint Hilaire/Lange e dos Campos Gerais), 2 Estações Ecológicas (Estação

Ecológica de Guaraqueçaba e de Mata Preta), 2 Áreas de Proteção Ambiental (Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba e das Várzeas do Rio Paraná), 2 Reservas Biológicas (Reserva Biológica das Perobas e das Araucárias) e o Refúgio da Vida Silvestre dos Campos de Palmas. Dessas, apenas o Parque Nacional do Iguaçu, a APA de Guaraqueçaba e a Reserva Biológica das Perobas estão com plano de manejo de forma regular.

O Plano de Manejo é definido pelo SNUC (2000, p. 2) em seu Capítulo I, Art. 2º e parágrafo XVII como:

[...] documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade.

Para Galante *et al.* (2002, p. 16), os principais objetivos do Plano de Manejo, são:

- Levar a unidade de conservação (UC) a cumprir com os objetivos estabelecidos na sua criação.
- Definir objetivos específicos de manejo, orientando a gestão da UC.
- Dotar a UC de diretrizes para seu desenvolvimento.
- Definir ações específicas para o manejo da UC.
- Promover o manejo da Unidade, orientado pelo conhecimento disponível e/ou gerado.
- Estabelecer a diferenciação e intensidade de uso mediante zoneamento, visando à proteção de seus recursos naturais e culturais.
- Destacar a representatividade da UC no SNUC frente aos atributos de valorização dos seus recursos como: biomas, convenções e certificações internacionais.
- Estabelecer, quando couber, normas e ações específicas visando compatibilizar a presença das populações residentes com os objetivos da Unidade, até que seja possível sua indenização ou compensação e sua realocação.
- Estabelecer normas específicas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da zona de amortecimento (ZA) e dos corredores ecológicos (CE), visando à proteção da UC.
- Promover a integração socioeconômica das comunidades do entorno com a UC.
- Orientar a aplicação dos recursos financeiros destinados à UC.

Baéz e Acuña (2003) definiram o Plano de Manejo como um documento técnico que, baseado em rigoroso estudo dos recursos e condições da área e de seu entorno, planeja seu desenvolvimento em longo prazo, servindo de suporte para a tomada de decisões sobre os direcionamentos do mesmo. Para os autores, toda

área protegida deve conter um plano fundamentado em conhecimentos técnico-científicos para auxiliar suas ações.

Configura-se como uma pesquisa detalhada a fim de orientar o planejamento e a gestão da unidade, definindo seu zoneamento, as atividades passíveis de realização, suas limitações e programas de conservação e visitação.

Em resposta ao crescente número de unidades de conservação e a necessidade de subsídio ao planejamento das mesmas, surgiu, na década de 1990, iniciativas para fomentar a elaboração e implantação de Planos de Manejo. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, IBAMA, publicou em 1993 um “Roteiro Metodológico para a Elaboração de Planos de Ação para Implementação e Gerenciamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto”, em 1996 o “Roteiro Metodológico para o Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto”.

Frente à crescente demanda turística por áreas naturais, surgem em meados da mesma década propostas de “Planos de Uso Público” também chamado “Uso Turístico”.

Dando continuidade a estes estudos o IBAMA apresentou novas propostas por meio de suas diretorias:

- Diretoria de Ecossistemas, DIREC, definiu em 2001 o “Roteiro Metodológico para Gestão de Área de Proteção Ambiental” (ARRUDA *et al.*, 2001); em 2002 o “Roteiro Metodológico de Planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica” (GALANTE *et al.*, 2002); em 2004 o “Roteiro Metodológico para Elaboração de Plano de Manejo para Reservas Particulares do Patrimônio Natural” (FERREIRA *et al.*, 2004).
- Diretoria de Florestas, DIREF, em 2003 definiu o “Roteiro Metodológico para Elaboração de Plano de Manejo para Florestas Nacionais” (CHAGAS *et al.*, 2003).
- Diretoria de Gestão Estratégica, DIGET, através do Centro Nacional de Populações Tradicionais e Desenvolvimento Sustentável, definiu em 2004 o “Roteiro de Manejo de Uso Múltiplo das Reservas Extrativistas Federais” (RODRIGUES *et al.*, 2004).

Gonçalves *et al.* (2009) publicaram uma revisão e aprimoramento do Roteiro Metodológico para Elaboração de Plano de Manejo para Florestas Nacionais. Esta

atualização aproxima-se dos conceitos identificados no Roteiro Metodológico de Planejamento para Unidades de Conservação de Proteção Integral (GALANTE *et al.*, 2002).

Cada roteiro apresenta suas particularidades, conforme as especificidades das categorias a que foram destinadas, mas mantém a estrutura, conceitos e diretrizes. O “Roteiro Metodológico de Planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica” (GALANTE *et al.*, 2002) traz as informações de uma forma detalhada apresentando-se como um material mais denso se comparado aos demais roteiros publicados pelo IBAMA.

Os roteiros aqui apresentados tratam-se de instrumentos orientadores para o planejamento das UC's, configurando-se como documentos dinâmicos e flexíveis adaptáveis às diferentes realidades ambientais e socioeconômicas das unidades.

Galante *et al.* (2002), Chagas *et al.* (2003), Ferreira *et al.* (2004) e Gonçalves *et al.* (2009) citam diversos aspectos importantes para o manejo dessas áreas, e dentre eles está a realização de um zoneamento no intuito de adequar determinados usos e práticas a locais pré-determinados.

O zoneamento ambiental configura-se como uma etapa determinante à conservação das UC's, pois as porções territoriais devem ser definidas a partir das características físicas, biológicas e de uso das áreas. Desta forma, este processo tem como base a análise integrada das variáveis, objetivando o entendimento das aptidões e limitações das áreas, possibilitando a adequação das zonas e respectivas atividades à fragilidade ambiental da UC.

2.3.1 Zoneamento Ambiental: etapa determinante à conservação da natureza

O conceito de zoneamento utilizado por Galante *et al.* (2002), Chagas *et al.* (2003), Ferreira *et al.* (2004) e Gonçalves *et al.* (2009), autores dos Roteiros Metodológicos para Elaboração de Plano de Manejo, é o que se encontra no Capítulo I, Art. 2º XVII da Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

De acordo com o SNUC (2000) o zoneamento consiste na,

[...] definição de setores ou zonas em uma unidade de conservação com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar

os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz (BRASIL, 2000).

Silva e Santos (2004, p. 131) conceituaram zoneamento como “a identificação e a delimitação de unidades ambientais em um determinado espaço físico, segundo suas vocações e fragilidades, acertos e conflitos, determinadas a partir dos elementos que compõem o meio planejado”.

Santos (2004) definiu o zoneamento como a compartimentação de uma região em porções territoriais, obtida pela avaliação dos atributos mais relevantes e de suas dinâmicas.

Nota-se, por meio das definições dos autores, a complementariedade entre os conceitos; evidencia-se, também, a intenção de equivalência entre as características ambientais e atividades previstas.

Galante *et al.* (2002), Chagas *et al.* (2003), Ferreira *et al.* (2004) e Gonçalves *et al.* (2009) mencionaram em seus roteiros metodológicos algumas zonas conforme a especificidade das categorias de unidades de conservação, caracterizadas no Quadro 2.

(continua)

ZONAS	CARACTERÍSTICAS	CATEGORIA
De Preservação. Intangível; Silvestre.	Primitividade da natureza permanece a mais preservada possível, não se tolerando quaisquer alterações humanas. Funciona como matriz de repovoamento de outras zonas, onde já são permitidas atividades humanas regulamentadas. Esta zona é dedicada à proteção integral de ecossistemas, dos recursos genéticos e ao monitoramento ambiental. O objetivo básico do manejo é a preservação, garantindo a evolução natural.	FLONA PARNA/REBIO/ EE RPPN
De Conservação. Primitiva. De Proteção.	Pequena ou mínima intervenção humana, contendo espécies da flora e da fauna ou fenômenos naturais de grande valor científico. Deve possuir características de transição entre a Zona Intangível e a Zona de Uso Extensivo. O objetivo geral do manejo é a preservação do ambiente natural e, ao mesmo tempo, facilitar as atividades de pesquisa científica e educação ambiental, permitindo-se formas primitivas de recreação.	FLONA PARNA/REBIO/ EE RPPN
De Uso Extensivo.	Constituída em sua maior parte por áreas naturais, podendo apresentar algumas alterações humanas. Caracteriza-se como uma transição entre a Zona Primitiva e a Zona de Uso Intensivo. O objetivo do manejo é a manutenção de um ambiente natural com mínimo impacto humano, apesar de oferecer acesso aos públicos com facilidade, para fins educativos e recreativos.	PARNA/ REBIO/ EE

Quadro 2: Zonas: Caracterização e classificação por categorias de UC's.

(continua)

ZONAS	CARACTERÍSTICAS	CATEGORIA
De Uso Público. De Uso Intensivo. De Visitação.	Constituída por áreas naturais ou alteradas pelo homem. O ambiente é mantido o mais próximo possível do natural, devendo conter: centro de visitantes, museus, outras facilidades e serviços. O objetivo geral do manejo é o de facilitar a recreação intensiva e educação ambiental em harmonia com o meio.	FLONA PARNA/ REBIO/EE RPPN
Histórico-Cultural.	Onde são encontradas amostras do patrimônio histórico/cultural ou arqueológico, que serão preservadas, estudadas, restauradas e interpretadas para o público, servindo à pesquisa, educação e uso científico. O objetivo geral do manejo é o de proteger sítios históricos ou arqueológicos, em harmonia com o meio ambiente.	FLONA/ PARNA/ REBIO/EE
De Recuperação.	Contêm áreas consideravelmente antropizadas. Zona provisória, uma vez restaurada, será incorporada novamente a uma das zonas permanentes. As espécies exóticas introduzidas deverão ser removidas e a restauração deverá ser natural ou naturalmente induzida. O objetivo geral de manejo é deter a degradação dos recursos ou restaurar a área. Esta Zona permite uso público somente para a educação.	FLONA/ PARNA/ /REBIO/EE/ RPPN
Zona Populacional.	É aquela que compreende a moradia das Populações Tradicionais residentes dentro da Floresta Nacional, incluindo os espaços e o uso da terra, necessários a reprodução de seu modo de vida. O objetivo geral de manejo é conciliar a conservação dos recursos naturais com as necessidades dessas populações. As atividades de visitação, educação ambiental e interpretação só poderão ser desenvolvidas em comum acordo com a comunidade.	FLONA
De Uso Conflitante.	Constituem-se em espaços localizados dentro de uma Unidade de Conservação, cujos usos e finalidades, estabelecidos antes da criação da Unidade, conflitam com os objetivos de conservação da área protegida. São áreas ocupadas por empreendimentos de utilidade pública, como gasodutos, oleodutos, linhas de transmissão, antenas, captação de água, barragens, estradas, cabos óticos e outros. Seu objetivo de manejo é contemporizar a situação existente, estabelecendo procedimentos que minimizem os impactos sobre as Unidades de Conservação.	FLONA/PARNA /REBIO/EE/ RPPN
De Ocupação Temporária	Áreas dentro das Unidades de Conservação onde ocorrem concentrações de populações humanas residentes e as respectivas áreas de uso. Zona provisória, uma vez realocada à população, será incorporada a uma das zonas permanentes.	PARNA /REBIO/EE
De Superposição indígena.	Contém áreas ocupadas por uma ou mais etnias indígenas, superpondo partes da UC. São áreas subordinadas a um regime especial de regulamentação, sujeitas à negociação caso a caso entre a etnia, a FUNAI e o IBAMA. Zona provisória, uma vez regularizadas as eventuais superposições, será incorporada a uma das zonas permanentes.	PARNA/ REBIO/ EE
De Interferência Experimental.	Específica para as estações ecológicas é constituída por áreas naturais ou alterada pelo homem, sujeitas a alterações definidas no Artigo 9º parágrafo 4º e seus incisos da Lei do SNUC mediante o desenvolvimento de pesquisas, correspondendo ao máximo de três por cento da área total da estação ecológica, limitada até mil e quinhentos hectares conforme previsto em lei. O seu objetivo é o desenvolvimento de pesquisas comparativas em áreas preservadas.	PARNA /REBIO/ EE

Quadro 2: Zonas: Caracterização e Classificação por Categorias de UC's.

(conclusão)

ZONAS	CARACTERÍSTICAS	CATEGORIA
De Amortecimento	O entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade (Lei n.º 9.985/2000, Art. 2, o inciso XVIII).	FLONA /PARNA/ REBIO/EE /FLONA/ RPPN
De Manejo Florestal Comunitário.	É aquela constituída em sua maior parte por áreas naturais, podendo apresentar algumas alterações humanas. Caracteriza-se como uma transição entre a Zona de Primitiva e as Zonas de maior intensidade de uso. Nessa zona serão atendidas as necessidades da população tradicional/local existente dentro ou no entorno da Unidade de Conservação. O objetivo do manejo é a manutenção de um ambiente natural com mínimo impacto humano por meio da exploração de recursos florestais, madeireiro e não madeireiro. O objetivo é garantir a integração da Floresta Nacional na vida social e econômica da População do entorno da Unidade, como recomendado pelo SNUC. Além disso, pode ser oferecido acesso aos públicos com facilidades, para fins educativos e recreativos, bem como o manejo de fauna nativa.	FLONA
De Manejo Florestal Sustentável Empresarial.	É aquela que compreende as áreas de floresta nativa ou plantada, com potencial econômico para o manejo sustentável dos recursos florestais. Seus objetivos são: uso múltiplo sustentável dos recursos florestais, geração de tecnologia e de modelos de manejo florestal. Também são permitidas atividades de pesquisa, educação ambiental e interpretação.	FLONA
De Uso Especial. De Administração.	Áreas necessárias à administração, manutenção e serviços da Unidade de Conservação, abrangendo habitações, oficinas e outros. São escolhidas e controladas de forma a não conflitarem com seu caráter natural e devem localizar-se, sempre que possível, na periferia da Unidade de Conservação. O objetivo geral de manejo é minimizar o impacto da implantação das estruturas ou os efeitos das obras no ambiente natural ou cultural da Unidade.	FLONA/PARNA/ REBIO/EE RPPN
De Transição.	Corresponde a uma faixa ao longo do perímetro da UC, no seu interior, cuja largura será definida durante a elaboração do plano de manejo e de acordo com os resultados dos estudos e levantamentos. Sua função básica é servir de filtro, faixa de proteção, que possa absorver os impactos provenientes da área externa e que poderiam resultar em prejuízo aos recursos da RPPN. Tal zona poderá receber, também, toda a infraestrutura e serviços da RPPN, quando for o caso.	RPPN

Quadro 2: Zonas: Caracterização e Classificação por Categorias de UC's.

Fonte: Galante *et al.* (2002), Chagas *et al.* (2003) e Ferreira *et al.* (2004) Gonçalves *et al.* (2009).

Organizado: Maganhotto (2010)

Diante do conteúdo do Quadro 2, verificaram-se a existência de zonas com mesmas características e destinação de uso, mas com denominação diferenciada de uma categoria para outra como a Zona de Preservação (FLONA), Intangível (PARNA, REBIO EE) e Silvestre (RPPN); identificaram-se zonas específicas a determinadas categorias devido as suas peculiaridades como as Zonas de Manejo nas FLONA's e de Transição nas RPPN's; e zonas com mesmas características e

com mesma nomenclatura independentemente da categoria que está vinculada, como a Zona Histórico Cultural, de Recuperação e de Uso Conflitante.

Refletindo nos conceitos de zoneamento e na variação existente na nomenclatura das zonas, entende-se que independentemente do nome destinado às zonas, o mais importante é a adequação das atividades previstas para unidade a sua fragilidade ambiental. Para isto, faz-se necessário o levantamento e a análise de informações derivadas do relevo, apontando condições com diferentes limitações.

Galante *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2009) classificam alguns critérios para a delimitação do Zoneamento Ambiental, os quais seguem descritos junto com sua subclassificação.

- Físicos Mensuráveis ou Espacializáveis: Grau de Conservação da Vegetação e Variabilidade Ambiental;
- Singularidade da UC;
- Valores para conservação: Representatividade, Diversidade de Espécies, Áreas de Transição, Suscetibilidade Ambiental e Presença de Sítios Arqueológicos e ou Paleontológicos;
- Vocação de Uso ou Situações Pré Existente: Potencial para Manejo Florestal, Potencial de Visitação, Potencial para Educação Ambiental, Presença de Infraestrutura, Uso Conflitante e Presença de População;
- Ajustes para a Localização e os Limites das Zonas: Nível de Pressão Antrópica, Regularização Fundiária, Gradação de Uso e Limites Identificáveis na Paisagem;
- Identificação da Zona de Amortecimento: Critérios de Inclusão, de Não Inclusão e de Ajuste.

Apesar de apontadas as zonas e critérios para o seu estabelecimento, as publicações de Galante *et al.* (2002), Chagas *et al.* (2003) Ferreira *et al.* (2004) e Gonçalves *et al.* (2009) não especificaram variáveis e parâmetros considerados em cada critério, assim a determinação do zoneamento é aberto, podendo ocorrer à homogeneização de características dispare.

Ao consultar os roteiros percebe-se claramente a preocupação de uma análise integrada dos elementos no processo de zoneamento, porém a não determinação de critérios, parâmetros e grau de importância das variáveis avaliadas dificultam a consistência dos julgamentos (MARQUES e NUCCI, 2007).

Miara (2011) evidenciou, nessas publicações, aspectos negativos que podem refletir no zoneamento e consequentemente no plano de manejo das UC's. Segundo o autor, estes, limitam-se a descrição e não ao estabelecimento da correlação entre os aspectos hidrológicos, geomorfológicos e demais condicionantes físicos de uma unidade. Mencionam a relevância no levantamento da variabilidade ambiental no processo de zoneamento, mas não indicam critérios para se definir suas classes. Reportam-se a utilização das técnicas de geoprocessamento, da compilação de mapas temáticos, da sobreposição de informações espaciais e de um banco de dados geográficos, mas não trazem um perfil metodológico que ajude a delinear tal procedimento. Desta feita, a não existência de uma definição clara quanto aos procedimentos adotados compromete a veracidade e ou precisão dos resultados obtidos neste processo.

Dourojeanni (2005) criticou não os roteiros já publicados, mas sim os Planos de Manejo de uma forma geral. No seu entendimento o desequilíbrio entre a parte descritiva e a parte analítica; a falta de informações (aspectos biofísicos e ecológicos) detalhadas; e a incoerência nas informações cartográficas são fatores que comprometem sua eficiência.

Vários autores reconhecem que o planejamento ambiental deve ser feito segundo uma visão integradora do meio, e que o zoneamento é sua linha mestra. Apesar disso, ele é geralmente concebido a partir de modelos estruturados de forma subjetiva. O zoneamento utiliza muito pouco às abordagens quantitativas e raramente parte de uma análise metodológica multivariada. Alguns autores têm enfatizado a necessidade de desenvolver estratégias metodológicas que efetivem resultados quantitativos e mais bem relacionados ao meio (SILVA e SANTOS, 2004, p. 221).

Neste contexto, é sentido pelos gestores das UC's e ressaltado por pesquisadores a necessidade de um método que possa auxiliar no zoneamento e consequentemente no planejamento das unidades. Fato este que impulsiona novas abordagens, relacionadas ao estabelecimento das zonas de manejo, como alternativas auxiliares ao processo de Zoneamento Ambiental.

Para o zoneamento, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias metodológicas quantitativas, facilitando a compreensão do ambiente por meio de informações espaciais (MOORE, 1991; HUDSON, 1992; MAGNUSSON, 1999; PABLO, 2000; SILVA e SANTOS, 2004; SANTOS, 2004).

Pablo (2000) mencionou a importância da criação e da utilização de propostas metodológicas que identifiquem as zonas a partir da seleção de atributos

ambientais mapeáveis e de medidas quantitativas que facilitem a interpretação de suas interações.

Para Guerra e Cunha (1994) e Blaszczyński (1997), os aspectos geológicos e geomorfológicos, assim como as características hidrológicas, são fundamentais em um estudo de caráter ambiental.

O relevo influencia no fluxo de água e no transporte dos sedimentos, interferindo, conseqüentemente, na distribuição de *habitats* de plantas e animais, o que reforça sua importância no planejamento ambiental (BLASZCZYŃSKI, 1997).

Guerra e Marçal (2006) enfatizaram a relação de dependência e de proximidade das atividades desenvolvidas na superfície terrestre com as formas de relevo, tipologias de solo e processos associados, configurando-se como elementos vitais para o planejamento de UC's.

O levantamento e o mapeamento de parâmetros como altitude, declividade, comprimento de rampa, índice de umidade; e de processos geomorfológicos como erosão e sedimentação devem ser considerados no planejamento de UC, uma vez que a caracterização desses processos, aliada ao reconhecimento de campo, favorece julgamentos pertinentes, assegurando a conservação da natureza.

Assim, a geração de um Modelo Numérico do Terreno, MNT, seguida do processamento dos Índices de Representação do Relevo, IRR, possibilitam a aquisição de dados quantitativos e espacializáveis relacionados ao relevo e aos solos.

Guerra e Cunha, (1994), Blaszczyński (1997) e Guerra e Marçal (2006) corroboraram com o processamento e a aplicação destes índices no planejamento ambiental, uma vez que os mesmos contemplam os aspectos geomorfológicos.

Os IRR permitem a caracterização das formas e compartimentação do relevo, a identificação de áreas propícias à erosão e a sedimentação e o levantamento da distribuição dos solos na paisagem, justificando, assim, sua relevância em estudos relacionados ao planejamento ambiental.

2.4 OS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO E SUA APLICAÇÃO NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

A utilização dos Índices de Representação do Relevo, IRR, como instrumento de análise ambiental, ganhou destaque na década de 90. A

possibilidade de uma avaliação em ambiente computacional, a partir do Modelo Numérico do Terreno, MNT, e correlação dos mesmos com a geomorfologia e seus processos, impulsionaram sua aplicação às pesquisas ambientais (MOORE *et al.*, 1993, GILES e FRANKLIN, 1998; IPPOLITI, 2005).

A quantificação morfológica da superfície facilita o entendimento dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na paisagem. A forma do terreno influencia o fluxo d'água, o transporte de sedimentos e poluentes, a natureza e a distribuição de habitats de plantas e animais, além de ser uma expressão dos processos geológicos e do intemperismo (BLASZCZYNSKI, 1997).

Os IRR são divididos em primários e secundários (ou compostos), os primários são calculados diretamente do MNT e incluem variáveis como elevação, declividade, comprimento de rampa, orientação das vertentes, plano e perfil de curvatura. Enquanto, os secundários envolvem combinações dos atributos primários e são índices que descrevem ou caracterizam a variabilidade espacial de processos específicos que ocorrem na paisagem como índice de umidade e outros relacionados à erosão (MOORE *et al.*, 1991).

Para Valeriano (2008), a compilação do MNT, base para a geração dos IRR, configura-se como uma alternativa interessante para suprir a carência de mapeamentos em continentes como a África, a Oceania e a América do Sul.

O MNT trata-se de uma representação espacial da superfície a partir de pontos que descrevem a elevação tridimensional de uma grade de dados a intervalos regulares ou irregulares. Seu processo de elaboração é dividido em três etapas: aquisição dos dados planialtimétricos secundários, geração da grade e derivação dos atributos do relevo (MONTGOMERY, 2003).

Esse modelo resulta de um método matemático de interpolação automatizado de valores altimétricos, que têm o objetivo de representar a superfície de um terreno, e suas aplicações reportam-se à geração de isolinhas, separação em classes altimétricas, definição de classes de declividade, orientação de vertentes, cálculos de área, volume e menor trajeto, geração de perfis e vistas em diferentes perspectivas, facilitando a observação do produto representado (ROCHA, 2000).

De acordo com Pennock (2003), as variações topográficas observadas por meio do MNT, permitem o entendimento da distribuição do fluxo d'água, possibilitando o estabelecimento de relações entre as formas do terreno e a variabilidade dos atributos do solo.

O uso desses modelos contribui para o entendimento dos processos erosivos e de deposição de sedimentos, assim como a redistribuição dos solos, permitindo predições das taxas dos processos geomorfológicos e suas relações com a paisagem, bem como a influência do relevo sob a drenagem (SCHOORL *et al.*, 2000; MONTGOMERY, 2003).

Assim, o produto tridimensional da superfície obtido com o MNT e o processamento dos IRR possibilita a interpretação das relações físicas da paisagem, favorecendo a caracterização:

- Do relevo e da rede de drenagem (VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005), e;
- De parâmetros e processos condicionados pela variabilidade espacial, inerentes ao desenvolvimento dos solos, (LARK, 1999; BERG e OLIVEIRA, 2000).

Para Souza *et al.* (2001) e Santos (2004), o estudo da conformação do terreno contribui para o entendimento da tipologia e intensidade dos processos de erosão e deposição, propriedades pedológicas e potencial de uso.

Avaliando a problemática inerente à delimitação do Zoneamento Ambiental nas UC's, devido à inexistência de variáveis e parâmetros predefinidos à aquisição dos critérios e a relação dos IRR com o relevo, a geomorfologia e aos solos, sugere-se a utilização destes atributos como uma ferramenta relevante no estabelecimento das variadas zonas inerente as UC's.

2.4.1 Os índices de representação do relevo como suporte no zoneamento ambiental de UC's

As diretrizes de zoneamento apresentadas nas publicações de Galante *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2009), e expostas no item 2.3, encaminham o seu estabelecimento; no entanto, há necessidade da definição de dados complementares que orientem a aquisição de determinadas informações. Diante da caracterização dos IRR e da descrição dos critérios contidas nos roteiros, acredita-se que o processamento dos índices pode embasar a Variabilidade e a Susceptibilidade Ambiental.

Para Galante *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2009), a Variabilidade Ambiental enquadrada nos Critérios Mensuráveis está condicionada, principalmente,

[...] pela compartimentação que o relevo apresentar, em relação a altitudes e declividades. Esta identificação constitui-se em processo fundamental para a análise e a explicação dos elementos da paisagem natural. A compreensão da organização das formas do relevo e da drenagem, fatores intrinsecamente ligados em suas relações de causa e efeito, levam à compreensão dos fatores que atuam na distribuição dos solos e das diferentes fitofisionomias. Áreas que contenham vários ambientes, como aquelas que são oferecidas pelo relevo muito recortado, devem merecer maior proteção [...]. (GALANTE *et al.*, 2002, p. 93).

Para Moore *et al.* (1991), os IRR permitem estimativas mensuráveis de padrões espaciais, caracterizando a variabilidade espacial e processos específicos ocorrentes na paisagem.

De acordo com Hammer *et al.* (1995), o MNT figura como importante ferramenta para visualização e entendimento das relações de causa e consequência, possibilita o estabelecimento das influências da topografia, da hidrologia, das classes de declividade e dos solos.

Neste contexto, a caracterização do relevo por meio do processamento dos IRR, possibilita a espacialização da drenagem e de parâmetros pedológicos, configurando-se como uma alternativa auxiliar no levantamento dos solos, os quais devem se fazer presentes no processo de zoneamento de UC.

O solo é o suporte dos ecossistemas e das atividades humanas sobre a terra, configurando-se como uma variável imprescindível no processo de planejamento ambiental. Sua análise contribui para o entendimento de processos naturais como a erosão e o assoreamento. Além disso, está associada a deduções de sua potencialidade e fragilidade como elemento natural, recurso produtivo, substrato de atividades construtivas ou como concentrador de impacto (SANTOS, 2004).

A compreensão da distribuição dos padrões pedológicos na paisagem permite um manejo baseado nas limitações e restrições de uso da terra (MCKENZIE; GALLANT, 2007).

No entanto, o elevado custo dos levantamentos, a extensão das áreas a serem mapeadas e a dificuldade de acesso em alguns lugares, dificultam o mapeamento dos solos, comprometendo a obtenção de informações pedológicas (MENDONÇA SANTOS e SANTOS, 2003).

Conforme destacaram Ippoliti *et al.* (2005),

[...] as relações entre os solos e as formas da paisagem têm sido, por longo tempo, a base do mapeamento de solos. Tradicionalmente, utiliza-se a análise estereoscópica de fotografias aéreas para o delineamento manual das unidades de solo-paisagem que, posteriormente, são constatadas no campo. A análise digital do terreno introduz algumas vantagens em relação ao método tradicional para a separação dessas unidades; é uma alternativa rápida e econômica que pode ser aplicada para a quantificação e classificação do relevo, permitindo a definição automática ou semi-automática das unidades morfológicas da paisagem [...]. Em geral, os métodos que organizam a superfície de acordo com um modelo morfológico mostraram potencial para melhorar a predição de ocorrência dos tipos de solos, visto que a posição na paisagem influencia os processos de formação e os atributos pedológicos.

Para Campos *et al.* (2006), o relevo, analisado através do MNT, exerce um papel decisivo no tempo de exposição dos materiais, na intensidade e direção do fluxo da água no perfil do solo, influenciando os processos pedogenéticos, reforçando o estudo das diferentes formas do relevo como premissa para a execução de levantamentos de solo.

Por se caracterizarem como técnicas atuais auxiliares no levantamento de solos, bem como para o entendimento e predição dos padrões naturais do solo, os modelos solo-relevo mais quantitativos estão se tornando tendências nos levantamentos (HUDSON, 1992).

As características do relevo estão diretamente relacionadas com os processos de formação do solo, sendo assim, o processamento dos IRR configura-se como uma etapa auxiliar no levantamento pedológico (KLINGEBIEL *et al.*, 1987).

Campos *et al.* (2006) citaram os IRR como uma ferramenta de suporte na identificação e mapeamento das unidades pedológicas homogêneas. Uma vez que os solos apresentam correlação com as informações derivadas dos índices como as formas do relevo, intensidade e direção do fluxo de água.

Assim, o uso dos IRR associados à distribuição de ocorrência das classes pedológicas, assumem grande importância pelo custo-benefício para o mapeamento em escalas detalhadas e semi-detalhadas (COELHO, 2010).

Neste contexto, Dikau (1989), Nizeyimana e Bick (1992), Gessler *et al.* (1995), Hermuche *et al.* (2002), Ribeiro *et al.* (2002), Hermuche *et al.* (2003), Carvalho Junior *et al.* (2006), Muñoz (2009) e Crivelenti (2009) são alguns exemplos que reforçam a pertinência e aplicabilidade destes atributos aos estudos pedológicos.

Além dos autores citados, há uma série de pesquisas demonstrando a utilização dos IRR no mapeamento de solos, os parágrafos que se seguem mencionam algumas das pesquisas realizadas.

Como exemplo de aplicação do mapeamento digital de solos Ippoliti *et al.* (2005) quantificaram a superfície de uma microbacia a fim de delinear as geoformas. Constataram que o método de classificação das formas da paisagem baseado na geração de um MNT e no cálculo dos IRR (elevação, declividade, plano e perfil de curvatura) mostra-se como uma alternativa rápida e econômica em comparação ao delineamento manual a partir da utilização de análises estereoscópica de fotografias aéreas.

Bock e Klothé (2008) fizeram uso da declividade, da altitude e do índice de umidade para auxiliar na identificação da profundidade de solos hidromórficos influenciados pelo escoamento de águas superficiais e subterrâneas.

Chagas (2006) e Sirtoli (2008), a partir da análise do índice de umidade, identificaram que os altos valores desse atributo estavam associados a relevos planos e áreas de várzea onde foram encontrados Organossolos e Gleissolos.

Confirmando a relação do relevo com solos, Sirtoli (2008) verificou, com auxílio dos atributos topográficos, o predomínio de unidades pedológicas de caráter hidromórfico em declividades inferiores a 3%, os Latossolos abaixo de 8% e os Cambissolos em até 20% de declividade.

Sirtoli (2008) buscou a classificação dos solos a partir dos IRR (declividade, plano e perfil de curvatura, TWI, Índice de Transporte de Sedimentos e Índice de Corrente de Máximo Fluxo), das variáveis espectrais de imagens de satélites e dos mapas de geologia. Baseando-se nas Redes Neurais Artificiais como método para discriminação das classes pedológicas o autor verificou por meio dos seus resultados que a metodologia trabalhada é útil para a melhoria da qualidade dos levantamentos preliminares de solos.

Silveira (2010) utilizou a metodologia das Redes Neurais Artificiais e da Tabulação Cruzada a fim de obter classes de solos a partir de informações de atributos topográficos (hipsometria, declividade, perfil e plano de curvatura, TWI, Índice de Transporte de Sedimentos e Índice de Corrente de Máximo Fluxo). Seus resultados confirmaram a possibilidade de classificação de unidades preliminares de mapeamento de solos a partir de modelos quantitativos de interpretação do relevo.

Prates (2010) utilizou estes atributos (AACN, CNBL, TWI e MRVBF) como suporte na delimitação dos diferentes compartimentos da paisagem e comprovou sua eficiência no apoio do mapeamento de solos em nível de subordem do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo.

Nowatzki (2013) empregou os IRR com intuito de verificar sua aplicabilidade no mapeamento de solos. Utilizou como área de estudo a Bacia do Rio Pequeno, localizada no município de Antonina, PR. Constatou, por meio do cruzamento das informações resultantes dos índices aos mapeamentos já existentes, a eficiência do método da Tabulação Cruzada na espacialização de Unidades Geomórficas.

A partir dos IRR, resultante do MNT, é possível identificar áreas susceptíveis à erosão, à deposição, assim como porções territoriais mal drenadas sujeitas ao acúmulo de água e a inundações. Condição oportuna à utilização destes atributos à obtenção da Suscetibilidade Ambiental, apontada por Galante *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2009) como outro critério considerado no estabelecimento do Zoneamento Ambiental em UC's.

A Suscetibilidade Ambiental, inserida nos Critérios de Valores para a Conservação, tem como base a identificação de áreas com

[...] características que as indiquem como ambientalmente susceptíveis devem estar contidas em zonas mais restritivas (zona de preservação e a zona de primitiva). Áreas frágeis que não suportem pisoteio, como aquelas com solo susceptíveis a erosão e encostas íngremes; áreas úmidas como manguezais, banhados e lagoas; nascentes, principalmente aquelas formadoras de drenagens significativas (GALANTE *et al.*, 2002, p. 94).

Para Moore *et al.*, (1993), estes dados topográficos podem ser usados para estimar os processos erosivos, o assoreamento e o acúmulo de água, contribuindo para a determinação da susceptibilidade ambiental.

O AACN, o *Slope*, o MRVBF, TWI e *Ls Factor*, configuram-se como variáveis relevantes à obtenção da susceptibilidade ambiental. O processamento desses atributos possibilita a quantificação e a representação espacial de áreas com diferentes limitações ao uso. Autores como Mansor *et al.* (2002), Lin *et al.* (2006), Mckenzie e Gallant (2007) e Prates (2010) determinaram para estes índices valores correspondentes à erosão, deposição e acúmulo de água. Os quais podem ser utilizados como parâmetros auxiliares à obtenção da Suscetibilidade Ambiental.

Ferraz *et al.* (2007) identificaram pontos críticos de erosão e acúmulo de água em estradas florestais a partir da declividade média do terreno, do *Ls Fator* e do TWI, constatando a relevância destes atributos no planejamento de estradas e acessos.

Mansor *et al.* (2002) utilizaram como parâmetro o *Ls Factor* para avaliação do potencial de risco de erosão na área em torno do reservatório do Tatu, Limeira-SP. Os resultados demonstraram que as áreas potencialmente críticas, apresentam um *Ls Factor* entre 6 e 10 e que os valores de 4 a 6, dependendo do manejo de solo no local, podem desencadear os processos erosivos.

Neste contexto, a análise dos aspectos geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, obtidos por meio do processamento dos Índices de Representação do Relevo é uma alternativa a ser considerada no Zoneamento Ambiental de UC's.

Evidencia-se, por meio das aplicações dos IRR, sua pertinência no desenvolvimento de pesquisas relacionadas às UC, a síntese e correlação destes atributos permitem estimativas da dinâmica espacial da paisagem, podendo auxiliar com informações quantitativas à concretização do Zoneamento Ambiental de UC's.

O capítulo que se segue apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para a compilação dos mapas temáticos, para o processamento dos índices de representação do relevo, e sua aplicação no detalhamento de informações pedológicas e na classificação de áreas com diferentes graus de limitação.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo tem como intuito a descrição das etapas operacionais e parâmetros utilizados para o cumprimento dos objetivos predeterminados, e sua subdivisão apresenta de forma sequencial os procedimentos adotados durante a realização da pesquisa.

3.1 COMPILAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

A elaboração dos mapas apoiou-se na carta topográfica de 1:50.000, folha SG.22-X-C-I-4, MI: 2839/4 – Ministério do Exército impressão 1989; na imagem de satélite SPOT com resolução de 5m, anos base 2005/2006; no uso e cobertura do solo interpretado por Mazza (2006).

Estas informações foram scannerizadas e digitalizadas, em ambiente computacional, onde foram processados e gerados os mapas temáticos referentes à localização e rede hidrográfica.

De posse das curvas de nível com 10m de equidistância, obtidas com auxílio do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), gerou-se o MNT, o qual teve como interpolador, *B-Spline Approximation do Software System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA, 2005).

Em seguida, esses dados foram exportados para o *Idrisi* Andes, e com o apoio da função *Surface* obteve-se a Carta de Declive, seguindo a classificação sugerida por Lepch (1991).

A Carta de Solos teve como base as informações existentes para área, resultantes do levantamento sistematizado pela EMBRAPA na escala de 1:600.000.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO (IRR)

De posse do MNT, foram gerados os seguintes índices: *Channel Network Base Level* (elevação), *Altitude Above Channel Network* (altitude em relação ao canal), *Wetness Index* (índice de umidade), *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*, MRVBF (potencial erosivo), *Slope* (declividade), *Ls Factor* (fator topográfico), *Profile Curvature* (perfil de curvatura), *Plan Curvature* (plano de curvatura).

Devido à falta de uma tradução padronizada dos índices utilizados, optou-se por manter a denominação referenciada no *software* SAGA. O Quadro 3 relaciona os Índices de Representação do Relevo utilizados na presente pesquisa.

Índices de Representação do Relevo	Referência
<i>Channel network base level</i>	<i>Olaya and Conrad, 2008</i>
<i>Altitude above channel network</i>	<i>Olaya and Conrad, 2008</i>
<i>Wetness index</i>	<i>Olaya and Conrad, 2008</i>
<i>Multiresolution index of valley bottom flatness</i>	<i>Olaya and Conrad, 2006</i>
<i>Slope</i>	<i>Zevenbergen and Thorne, 1987</i>
<i>LS – Factor</i>	<i>Olaya and Conrad, 2008</i>

Quadro 3: Índices de Representação do Relevo
Fonte: SAGA, 2005.

A *Altitude, Channel Network Base Level*, CNBL, atributo calculado diretamente do MNT, representa a altitude da célula em questão em relação a um plano de referência, geralmente o nível do mar. Possui influência sobre o clima, a vegetação e a energia potencial (WILSON e GALLANT, 2000).

A *Altitude em Relação ao Canal de Drenagem, Altitude Above Channel Network*, AACN, representa a distância vertical da célula em questão em relação à célula mais próxima localizada na rede de drenagem. Valores pequenos de AACN indicam locais em que o lençol freático pode estar mais próximo da superfície do solo, sendo caracterizadas como zonas de acumulação (BÖHNER *et al.*, 2002). Os valores intermediários indicam zonas de transferência de material, geralmente nos locais de maior declive (encostas), enquanto valores maiores indicam condições mais elevadas da superfície geomórfica (possíveis zonas de perda de material) (BÖHNER *et al.*, 2002).

O Índice de Umidade, *Wetness Index*, TWI, descreve a tendência de uma célula acumular água. Assim, maiores valores de TWI indicam maior tendência de acumular água e, portanto, maior conteúdo de água no solo. (GRUBER; PECKHAM, 2009).

É definido como uma função da declividade e da área de contribuição por unidade de largura ortogonal à direção do fluxo; tem sido usado para caracterizar a distribuição espacial de zonas de saturação superficial e conteúdo de água nas paisagens, indicando a concentração e o aparecimento potencial de caminhos

preferenciais da água (ROTHWELL; LINDSAY, 2006; SIRTOLI, 2008; PEI *et al.*, 2010).

Lin *et al.* (2006) estabeleceram uma relação entre o TWI e a drenagem, identificaram para os solos bem drenados valores variando de 4 a 5, para solos moderadamente drenados uma variação de 5 a 7 e para os solos mal drenados valores entre 7 e 12. Prates (2010) verificou que os valores maiores que 8 estão relacionados aos solos de caráter hidromórfico.

O Potencial de Erosão e Sedimentação, *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*, MRVBF, foi projetado para mapear áreas de sedimentação e deposição na paisagem. Define e distingue os fundos de vale de encostas e combina diferentes paisagens em um único índice (ROBERT *et al.*, 1997; GALLANT; DOWLING, 2003; WANG; LAFANT 2009).

Mckergow *et al.* (2007) utilizaram o valor 0,5 como limiar para a identificação da variação do relevo. Locais com MRVBF menor que 0,5 reportam-se às encostas; valores maiores que 0,5 e menores que 1 correspondem a pequenos fundos de vale; e maiores que 1 a fundos de vale maiores.

Mckenzie e Gallant (2007) identificaram relação dos valores deste atributo com os processos erosivos, citam que valores inferiores a 0,5 são áreas propícias à erosão, enquanto os superiores a 0,5 estão relacionados à deposição.

A Declividade, *Slope*, é definida por Burrough (1986) como sendo um plano tangente à superfície, expresso como a mudança de elevação sobre certa distância, normalmente calculada em graus ou em porcentagem.

Sua estreita associação com os processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento), torna-a uma variável básica para a segmentação de áreas nos procedimentos de planejamento territorial. Sendo, assim, os métodos de avaliação de terras ou planejamento conservacionista, baseados em modelagem numérica ou em decisões lógicas, lidam com esta variável (VALERIANO, 2008). Exerce influência direta sobre a velocidade do escoamento superficial e subsuperficial de água, refletindo tanto no processo de erosão quanto de deposição (GALLANT; WILSON, 2000). Diante destas características, este atributo se mostra relevante ao manejo e às práticas conservacionistas (SANTOS, 2004).

O Fator Ls, *LS Factor*, representa o efeito da topografia sobre a erosão (quanto maior o LS, maior o potencial erosivo), e reproduz o efeito combinado do

comprimento e grau de declive da encosta. Bertoni e Lombardi-Neto (1990) o definem como a relação esperada de perdas de solo por unidade de área, em um declive qualquer, comparada às perdas de solo correspondente em uma parcela unitária padrão de 25 metros de comprimento, com 9% de declividade.

Tomazoni e Guimarães (2005) afirmaram que a inclinação do terreno e o comprimento da encosta estão relacionados à velocidade do escoamento superficial, refletindo no tamanho e quantidade de material carregado pelo processo erosivo.

Ao utilizar este índice, Wang *et al.* (2001) obtiveram resultados satisfatórios para a taxa de perda de solo, além disso, simularam o movimento da água no terreno, o que favoreceu predições sobre fertilidade, erosão e de processos pedogenéticos.

Mansor *et al.* (2002) estabeleceram os seguintes parâmetros para Fator Topográfico: áreas com valores de 0 a 4 estão livres dos processos erosivos; de 4 a 6 são propícias, dependendo, do seu uso e manejo; e entre 6 e 10 caracterizam-se como locais altamente susceptíveis aos processos erosivos.

O Quadro 4 sintetiza a discussão apresentada nos parágrafos anteriores, facilitando a visualização dos atributos e valores empregados na presente pesquisa como variáveis e parâmetros à aquisição dos resultados.

ÍNDICE DE UMIDADE – TWI						
Condição Pedológica			Parâmetros TWI			Referência
Solos bem drenados			Valores variando de 4 a 5			Lin <i>et al.</i> (2006)
Solos moderadamente drenados			Valores variando de 5 a 7			
Solos mal drenados			Valores variando de 7 a 12			
Solos de mal drenados			Valores maiores que 8			Prates (2010)
MRVBF						
Condição Pedológica			Parâmetros MRVBF			Referência
Superfícies de erosão			Valores inferiores a 0,5			Mckenzie e Gallant (2007)
Superfícies de deposição			Valores superiores a 0,5			
DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES CLINOGRÁFICAS						
Classes	Até 2%	2 a 5%	5 a 10%	10 a 15%	15 a 45%	Lepch (1991)
LS FACTOR						
Condição Pedológica			Parâmetros LS FACTOR			Referência
Potencial erosivo baixo			0 a 4			Mansor <i>et al.</i> (2002)
Propício erosivo médio			4 a 6			
Potencial erosivo alto			6 a 10			

Quadro 4: Parâmetros estabelecidos para o processamento dos IRR.
Organizador: Maganhotto, 2012.

O processamento dos atributos topográficos e o estabelecimento dos parâmetros fundamentou a aquisição de informações relacionadas ao relevo e o

entendimento da tipologia e intensidade dos processos de erosão, deposição e acúmulo de água, servindo de base à aquisição de informações pedológicas, assim como, à identificação de áreas com diferentes graus de limitação de uso.

Os parâmetros descritos no Quadro 4 auxiliaram na reclassificação das imagens dos IRR (AACN, TWI, MRVBF, *Ls Factor* e *Slope*); na obtenção de informações pedológicas, resultantes da quantificação dos IRR e de sua sobreposição ao mapeamento de solos realizado pela EMBRAPA (1984); e na determinação dos pontos de inflexão na Lógica *Fuzzy* para o estabelecimento das Classes de Limitação.

3.3 A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÕES PEDOLÓGICAS COM BASE NOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO

A análise envolvendo os IRR e os solos teve como ponto de partida a quantificação dos atributos (AACN, MRVBF, *Ls Factor*, *Slope* e TWI) nas classes pedológicas, mapeadas pela EMBRAPA (Latosolos - LVd2 e LVd9 e Cambissolos - CHa7, CXbd28), e a sobreposição do mapa de solos às imagens dos referidos índices.

Diante destes procedimentos, ao avaliar as informações associadas aos IRR e as características dos solos presentes no mapeamento da EMBRAPA (1999), verificaram-se algumas incompatibilidades. Ao analisar os valores máximos e mínimos dos índices e sua disposição nas classes pedológicas, percebeu-se, por exemplo: a existência de valores de TWI indicando a existência de acúmulo de água e de solos mal drenados (valores maiores que 8) para os Latossolos, contrariando a boa drenagem que caracteriza esta tipologia de solo.

Tais divergências que motivaram a realização da atividade de campo orientada pela seleção de 30 pontos distribuídos no perímetro da unidade, contemplando, tanto as situações em que os IRR se mostraram condizentes às características pedológicas mapeadas pela EMBRAPA (1999), quanto àquelas que diferiram. A Figura 5 apresenta a localização dos pontos visitados na atividade de campo.

O trajeto realizado e os registros fotográficos das sondagens, amostras e entorno dos pontos, foram determinantes para o reconhecimento da FLONA e

entendimento da relação existente entre sua configuração espacial e os atributos mensurados.

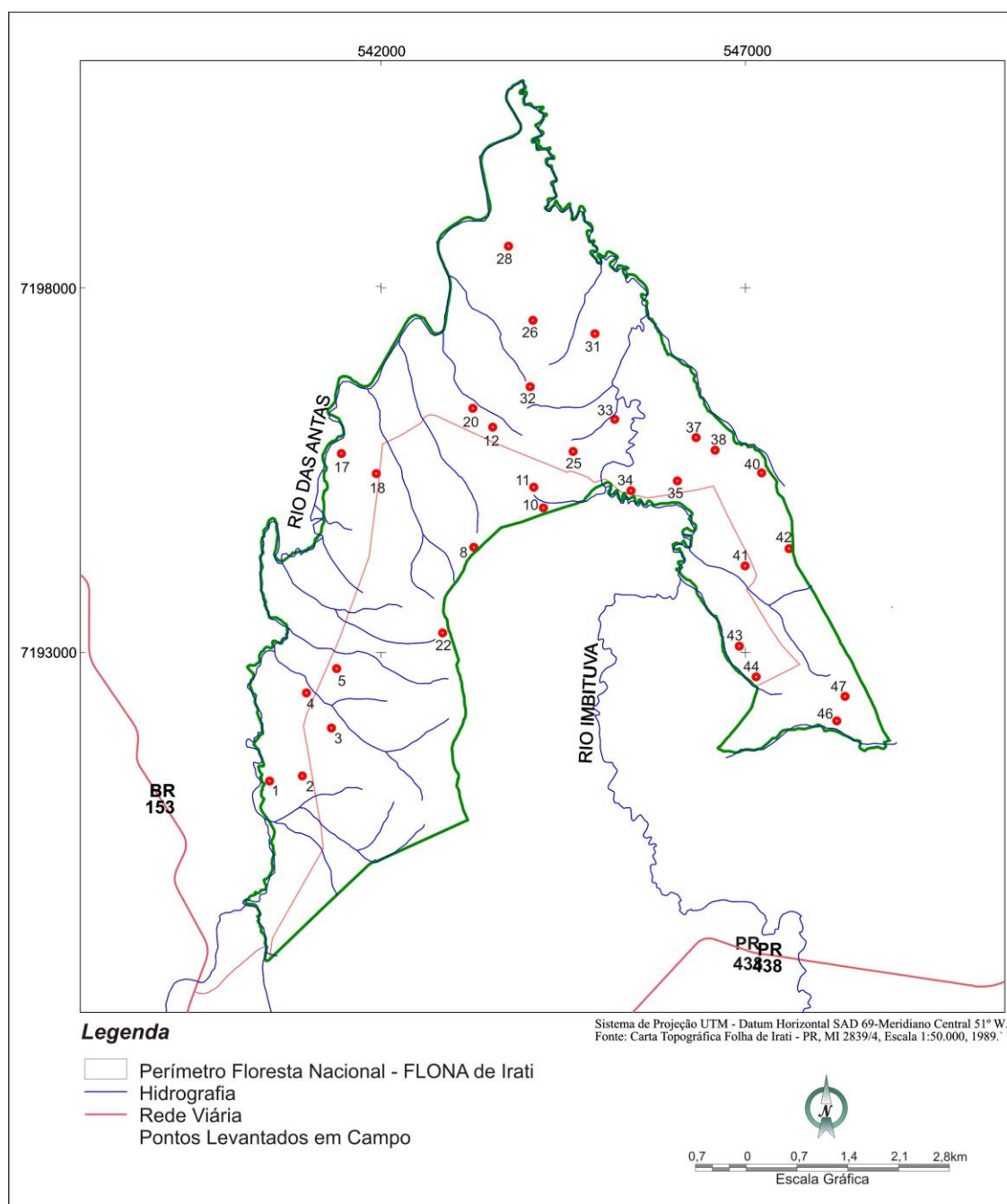


Figura 5: Pontos Selecionados: Atividade de Campo
 Fonte: Maganhotto, 2013

Nas áreas pontuadas, localizadas em campo com auxílio de GPS de navegação, imagem de satélite e de mapa de uso do solo, realizaram-se sondagens com trado holandês nos primeiros 100 cm de profundidade para verificação de características morfológicas, como: consistência, coloração, permeabilidade e

presença de cascalho. Esta caracterização somou-se as informações pedológicas existentes e aos valores dos atributos quantificados para cada ponto. De posse destes dados, verificou-se a pertinência dos IRR com as variáveis abordadas em campo, demonstrando a aplicabilidade destes atributos em estudos pedológicos.

Para a reclassificação das informações pedológicas, mantiveram-se os limites do mapeamento de solos realizado pela EMBRAPA e a partir do agrupamento composto pelas variáveis AACN, TWI, MRVBF e *Ls Factor*, gerado a partir do Método da Mínima Distância Euclidiana (FORGY, 1965), foram ajustados os limites internos do mapa de solos. Com os polígonos delineados, sua reclassificação baseou-se nas informações coletadas em campo e na quantificação dos IRR realizada para cada polígono.

3.4 A APLICAÇÃO DA LÓGICA *FUZZY* E ANÁLISE POR MÚLTIPLOS CRITÉRIOS NO ESTABELECIMENTO DAS CLASSES LIMITANTES DA FLONA DE IRATI

A limitação de uso, levantada para a área em estudo, foi classificada por meio do estabelecimento de Classes Limitantes geradas a partir da síntese dos IRR. Para concretização deste produto, utilizando-se da Lógica *Fuzzy*, os valores dos atributos foram padronizados, em seguida as variáveis foram comparadas uma a uma, certificando seu grau de significância e, por fim, passaram pela Análise por Múltiplos Critérios.

3.4.1 Padronização *Fuzzy*

A padronização *Fuzzy* tem por finalidade colocar todas as imagens das variáveis consideradas na análise, em uma mesma escala, para tornar possível a integração de todos os dados em ambiente de geoprocessamento (SOUZA *et al.*, 2005, p. 142).

Definido o tipo de função (linear, j-amoldado, sigmoidal), cria-se uma curva (crescente ou decrescente) representando a variação dos valores de cada variável. Durante este processo, as imagens foram reclassificadas para uma escala contínua de valores variando de 0 a 255 níveis, em que valores próximos a 0 representam as condições com maiores restrições ao uso, devido a sua suscetibilidade aos processos erosivos e ao acúmulo de água, e os valores altos, ou

próximos a 255, reportam-se às áreas com menores restrições de uso, ou seja, menos limitantes. No final da padronização *Fuzzy*, as imagens estavam em uma mesma escala, variando de 0 a 255, viabilizando a integração dos dados para geração do mapa com Classes Limitantes.

Para a Altitude em Relação ao Canal de Drenagem, AACN, as áreas próximas à rede de drenagem têm seu uso restringido, o acúmulo de água e a suscetibilidade à inundação nas adjacências tornam-nas mais restritas ao uso. Essa variação descreve-se através de uma curva j-amoldado crescente, tendo como ponto de inflexão o valor 2. Assim, valores abaixo do ponto de inflexão reportam-se ao valor 0, enquanto os maiores assumem uma crescente até 255, representando uma condição menos limitante, devido aos solos com boa drenagem e a não ocorrência de inundações.

Segundo Lin *et al.* (2006) e Prates (2010), locais com valores de Índice de Umidade, TWI, acima de 7 e 8, respectivamente, correspondem a solos mal drenados. Desta feita, ficou estabelecido como ponto de inflexão para o fator TWI o valor 8. Assim, os valores maiores que 8 estão associados a solos saturados, configurando-se como uma condição de uso restrito. Utilizou-se para representação a função j-moldado decrescente, onde valores de TWI menores que 8 tomaram para si o valor 255 e para os maiores que 8 há um decréscimo contínuo de aptidão e de valores chegando a 0.

O ponto de inflexão de 15%, considerado para o fator Declividade, *Slope*, seguiu o parâmetro apontado por Lepch (1991). A relação de causa e efeito existente entre a declividade e os processos erosivos tornam as áreas com declividade acima de 15% mais restritivas e seu uso implica em intervenções para assegurar sua conservação. Para esta classificação foi usada uma função J-moldado decrescente, onde locais com até 15 % de declive possuem valores de 255 caracterizando a inexistência de restrições, no entanto, para as maiores que 15% há um decréscimo contínuo de aptidão chegando a 0, pois sua restrição é proporcional ao aumento da declividade.

Mckenzie e Gallant (2007), ao estudar o Potencial Erosivo, MRVBF, verificaram que as áreas de maior suscetibilidade à erosão estão associadas aos valores menores que 0,5, e que os valores maiores que 0,5 associam-se a deposição. A partir da análise deste índice certificou-se por meio da imagem e da visita a campo que valores acima de 2,5 correspondem a condições de deposição

recorrentes as várzeas e suas adjacências. Para sua representação, foi aplicada a função j-moldado simétrico com pontos de inflexão crescente até 0,5 e decrescente a partir de 2,5. Até 0,5, valores próximo de 0, devido a não aptidão relacionada à erosão; de 0,5 a 2,5, condição apta, registrando valores de 255, correspondendo a uma boa drenagem e baixo potencial erosivo; de 2,5 a 6, os valores decrescem até 0, devido à condição não apta relacionada à deposição e a solos mal drenados.

Baseando-se em Mansor *et al.* (2002), definiu-se 4 como ponto de inflexão para o Fator Ls. Este fator foi representado por uma função j-moldado decrescente, onde os valores menores que o ponto de inflexão reportam-se as condições aptas com potencial erosivo baixo e valores próximos a 255. Os valores maiores que 4 configuram-se como condições inaptas, decrescendo continuamente até 0, devido à propensão ao processo erosivo.

3.4.2 Determinação dos pesos e importância relativa

Para a construção da regra de decisão, foi definido o modo como os diferentes fatores devem ser combinados entre si. O propósito é a localização de diferentes graus de fragilidade na FLONA de Irati, adequando as atividades previstas para a unidade às suas limitações ambientais. Neste contexto, há a necessidade de se identificarem áreas com diferentes graus de fragilidade, a partir de informações relacionadas aos processos erosivos, à sedimentação e ao acúmulo de água.

De acordo com Weber e Hasenack (1999), estas informações devem ser incorporadas no processo de construção da regra de decisão, valorando cada fator de acordo com a sua importância diante do cenário pretendido.

Em seguida, efetuou-se a ponderação através da comparação pareada entre os fatores, comparados relativamente uns aos outros, sempre de dois a dois.

Para Eastman (1998, p. 195), este processo, além de permitir o estabelecimento do fator de maior significância, demonstra quanto cada um é mais importante que os demais e como os fatores compensam uns aos outros. Variáveis com aptidão elevada em uma determinada área podem compensar outros fatores com baixa aptidão neste mesmo local.

A Tabela 3 ilustra a comparação pareada e o estabelecimento da variável de maior relevância.

Tabela 3: Valores estabelecidos na comparação pareada

IRR	MRVBF	TWI	LS	AACN	SLOPE
MRVBF	1				
TWI	1/2	1			
LS	1	2	1		
AACN	1/2	1	1/2	1	
SLOPE	1/5	1/2	1/3	1/2	1

Fonte: Software Idrisi Andes.

O processo resulta em um peso para cada fator e uma avaliação de consistência da comparação pareada. A razão de consistência (*Consistency Ratio - CR*) informa ao usuário sobre inconsistências ocorridas durante a atribuição dos pesos. Segundo Saaty e Vargas (1991), a CR não pode ser superior a 0,1, caso ocorra faz-se necessário reavaliar o processo. Os pesos resultantes da comparação e a razão de consistência encontram-se dispostas na Tabela 4.

Tabela 4: Pesos resultantes da comparação pareada

IRR	PESOS
MRVBF	0,3228
LS	0,2916
TWI	0,1536
AACN	0,1536
SLOPE	0,0784
Razão de Consistência: 0.00 (aceitável)	

Fonte: Software Idrisi Andes.

O maior peso para o MRVBF se justifica por sua relação com a erosão e sedimentação. A identificação de áreas suscetíveis à erosão e à deposição auxilia na determinação de zonas mais restritivas destinadas ao uso indireto dos recursos naturais.

O *Ls Factor*, como produto da relação entre a declividade e comprimento de rampa vem por segundo, configurando-se como um indicativo de áreas com baixo, médio e alto potencial erosivo (MANSOR *et al.*, 2002).

O TWI e o AACN tiveram mesmo peso, por se tratarem de variáveis complementares na indicação de áreas sujeitas ao acúmulo de água e a inundações. Ao associar estes fatores a declividade pode-se identificar áreas com solos mal drenados, além disso, por estarem relacionados à drenagem auxiliam no planejamento de programas de conservação da mata ciliar e também, como os demais atributos citados, na prevenção de assoreamentos dos rios.

Apesar de sua influencia direta sobre o processo erosivo, a Declividade teve menor peso para não favorecer áreas planas relacionadas à deposição como as várzeas com alto índice de umidade e acúmulo de água. Entende-se que o relevo plano não garante a inexistência de limitações de uso.

3.4.3 Análise por múltiplos critérios

O último passo no processo de agregação dos fatores foi a aplicação da regra de decisão, utilizando-se o método de agregação por múltiplos critérios (*Multi Criteria Evaluation* – MCE) através da Combinação Linear Ponderada (*Weight Linear Combination* – WCL), onde cada fator é multiplicado por seu peso, resultando em uma mapa variando de 0 a 255, onde os valores próximos a 0 apresentam locais com limitação alta e os valores próximos ou iguais a 255 apresentam áreas de limitação baixa. Com a análise visual do histograma da imagem, verificou-se a distribuição dos valores em quatro grupos, fato que fundamentou a reclassificação da imagem em 4 classes, denominadas de Classes com Limitação Muito Baixa, Baixa, Média e Alta.

3.5 A APLICAÇÃO DA TABULAÇÃO CRUZADA PARA A CORRELAÇÃO DAS CLASSES LIMITANTES AO ZONEAMENTO AMBIENTAL

Sua aplicação proporciona a integração das variáveis por superposição de mapas ou álgebra de mapas, indicando o conjunto de procedimentos de análise espacial em geoprocessamento que produz novos dados a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou mais mapas (SILVEIRA, 2010).

Para Neto (2004), a Tabulação Cruzada é entendida como uma tabela de informações de duas ou mais variáveis que são consideradas conjuntamente.

Quando se deseja descrever uma relação entre variáveis qualitativas, os dados podem ser facilmente resumidos por meio de uma tabela cruzada ou de contingência. Este método se dá em uma tabela retangular, com linhas indicadoras para cada categoria da variável X, e colunas indicadoras para cada categoria da variável Y. Portanto, existe uma célula na tabela para qualquer combinação possível de valores de X e de Y, sendo cada combinação representada por (x,y) (MASSAD *et al.*, 2004).

Desse modo é possível calcular a frequência com que cada combinação (x,y) ocorre. Estas tabelas são denominadas de acordo com os números de linhas e de colunas que possuem. A soma dos valores de cada linha e em cada coluna resulta nos totais marginais e fornece informação sobre as categorias de cada variável isoladamente. A soma dos totais marginais das linhas ou das colunas fornece o total geral, que é o número total de observações no conjunto de dados bivariados (NOWATZKI, 2013).

Utilizando-se desta aplicação, realizou-se uma tabulação cruzada das Classes de Zoneamento (Intangível, Uso Especial, Uso Público, Conservação, Uso Restrito e de Manejo) proposta por Mazza (2006) com as Classes de Limitação de Uso (Limitação Muito Baixa, Baixa, Média e Alta), demonstrando a relevância da caracterização do relevo no processo de zoneamento de UC.

Deve-se ressaltar que tanto a Zona de Amortecimento quanto a Zona Conflitante foram desconsideradas nesta tabulação; a primeira por se tratar de uma área externa ao perímetro e dependente da condição evidenciada no entorno de cada unidade, para a FLONA de Irati esta zona abrange um entorno imediato de 1 km de distância; e a segunda por relacionar-se à rede elétrica, estrutura de difícil alteração locacional e que, independente das variáveis consideradas no processo de zoneamento, sempre apresentará uma função conflitante aos objetivos da unidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segue a caracterização dos IRR na FLONA de Irati, a correlação dos atributos com os solos da UC e a utilização dos índices no estabelecimento e planejamento das Classes de Zoneamento (zonas).

4.1 A DISPOSIÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO NA FLONA DE IRATI

Com o processamento dos IRR foi possível a quantificação e a espacialização do AACN, TWI, MRVBF, *Ls Factor* e *Slope* no perímetro da área de estudo, identificando áreas suscetíveis aos processos de erosão e sedimentação e o acúmulo de água.

A Altitude verificada por meio do atributo *Channel Network Base Level*, ECNBL, apresentou uma variação de 790m a 868m. As altitudes de menor valor localizam-se ao norte, enquanto as maiores foram registradas na região sudoeste da unidade. A Tabela 5 e a Figura 6 apresentam a quantificação e a espacialização hipsométrica da FLONA.

Tabela 5: Distribuição do CNBL na FLONA de Irati

Classes	Área (ha)
790 a 810m	1100
810 a 830m	1205
830 a 850m	946
850 a 870m	366

Fonte: Maganhotto, 2013.

Somando 2305 ha, predomina na FLONA de Irati altitudes de 790 a 830m, área equivalente a 64% da unidade. O intervalo de 830 a 850m concentra 26% da área, enquanto o de 850 a 870m corresponde a 10% da FLONA.

A Altitude em Relação ao Canal de Drenagem, *Altitude Above Channel Network*, AACN, variou de 0 a 54,66 metros, sendo que os menores valores associam-se a drenagem e os maiores aos topos de morro. A partir dessa análise pode-se perceber que os valores mais altos situam-se na região oeste e os baixos ao norte adentrando pela área central acompanhando o Rio Imbituva e a oeste com o Rio das Antas.

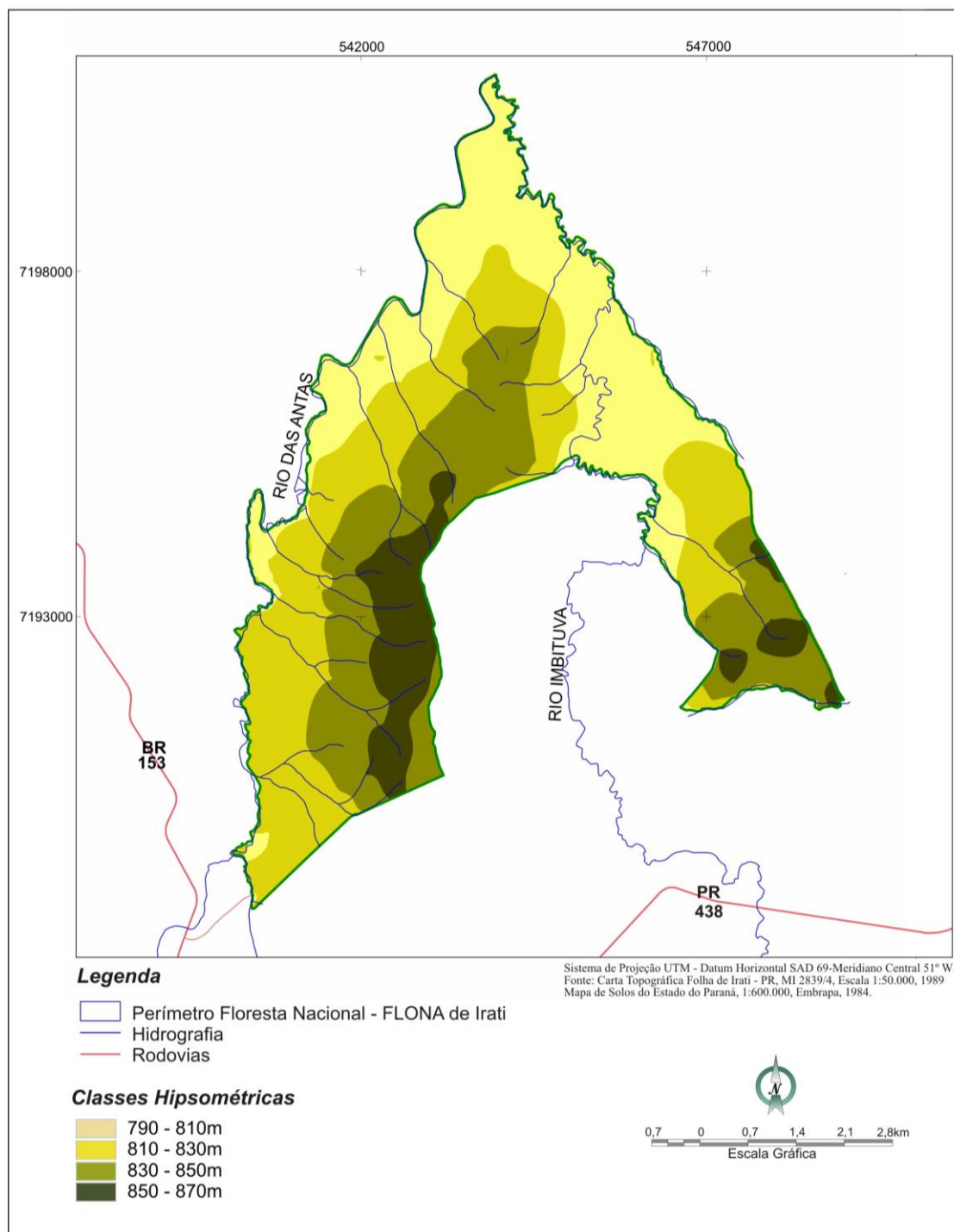


Figura 6: Distribuição Espacial do AACN na FLONA de Irati.
 Fonte: Maganhotto, 2012.

De posse das informações apresentadas na Tabela 6 e Figura 7 pode-se afirmar que 1642 ha, área correspondente a 45 % da unidade, encontram-se inseridos no intervalo de 0 a 5 metros de distância da drenagem sob sua influência direta. Os 55% restantes situam-se a uma distância mínima de 5 metros da drenagem, configurando-se como porções territoriais menos suscetíveis a inundações.

Tabela 6: Distribuição do AACN na FLONA de Irati

Classes	Área (ha)
0 a 1m	1037
1 a 2m	205
2 a 5m	400
5 a 10m	473
10 a 20m	753
20 a 30m	442
> 30m	308

Fonte: Maganhotto, 2013.

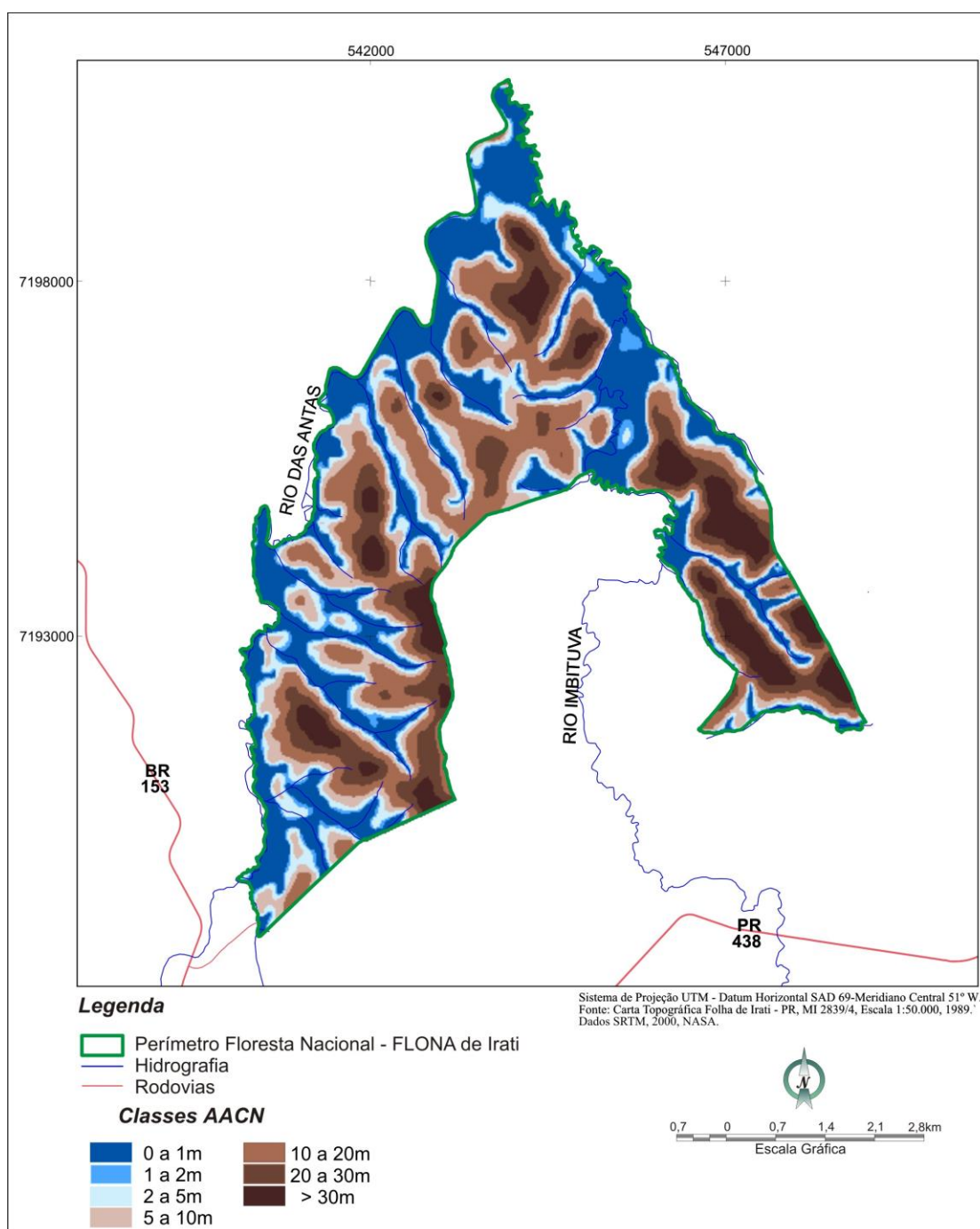


Figura 7: Distribuição Espacial do AACN na FLONA de Irati.

Fonte: Maganhotto, 2012.

O Índice de Umidade, *Wetness Index*, TWI, apresenta uma variação de 3 a 23, como AACN, os valores mais altos deste atributo correlacionam-se com a rede de drenagem e adjacências, ou seja, os valores indicativos de umidade encontram-se, também, a oeste e ao norte adentrando pelo centro acompanhando os rios. Informações mais detalhadas deste índice seguem apresentadas na Figura 8 e Tabela 7.

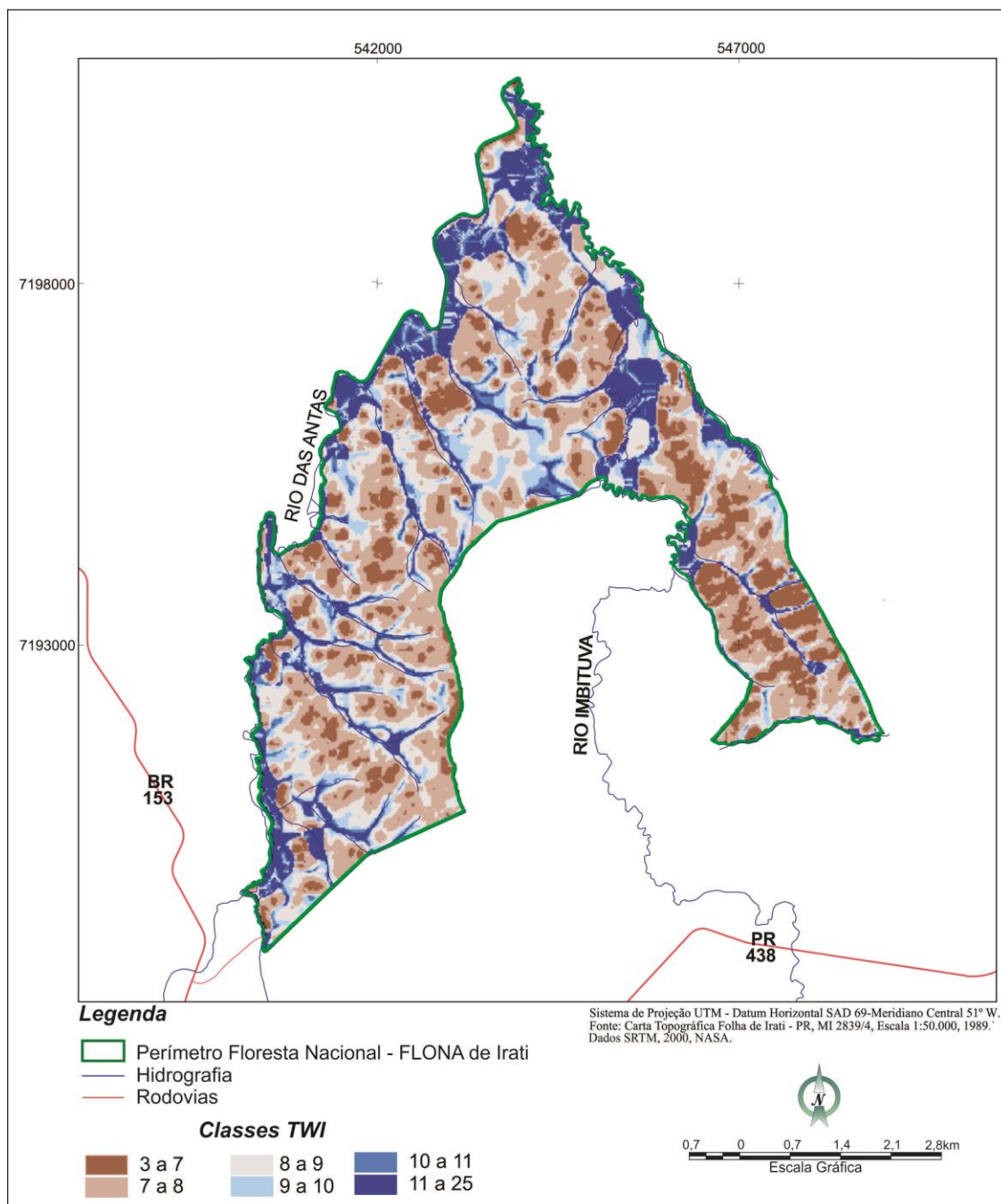


Figura 8: Distribuição Espacial do TWI na FLONA de Irati.
 Fonte: Maganhotto, 2012.

Tabela 7: Distribuição do TWI na FLONA de Irati

Classes	Área (ha)
3 a 7	546
7 a 8	1222
8 a 9	835
9 a 10	352
10 a 11	171
11 a 25	492

Fonte: Maganhotto, 2013.

Baseando-se nos valores apresentados pela Tabela 7 e nos parâmetros determinados por Prates (2010) e Lin *et al.* (2006), pode-se afirmar que cerca de 1850 ha, 51% da unidade, correspondem a superfícies mal drenadas associadas a valores de TWI maiores que 8. As demais áreas situam-se em condições de boa drenagem, registrando valores abaixo de 8.

O Potencial de Erosão e Sedimentação, *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness, MRVBF*, variou de 0 a 5,95, onde os valores mais altos inerentes a deposição situam-se próximos e ou sobrepostos a drenagem, enquanto os valores menores, indicativos de processos erosivos, apresentam-se de forma mais contínua na região leste, onde foram registradas as maiores declividades. A distribuição destas informações por intervalos encontra-se na Tabela 8.

Tabela 8: Distribuição do MRVBF na FLONA de Irati

Classes	Área (ha)
0 a 0,25	324
0,25 a 0,5	612
0,5 a 0,75	935
0,75 a 2,5	958
2,5 a 5	775
> que 5	14

Fonte: Maganhotto, 2013.

Correlacionado as informações tabuladas com os parâmetros definidos por Mckenzie e Gallant (2007) para o referido atributo, pode-se afirmar a ocorrência de erosão em, aproximadamente, 936 ha, 25% da FLONA inseridos no intervalo de 0 a 0,5. Registrou-se, também, sedimentação para as áreas caracterizadas por valores acima de 2,5, presentes em, 789 ha, equivalentes a 21% da unidade. A Figura 9 representa a distribuição espacial destas informações.

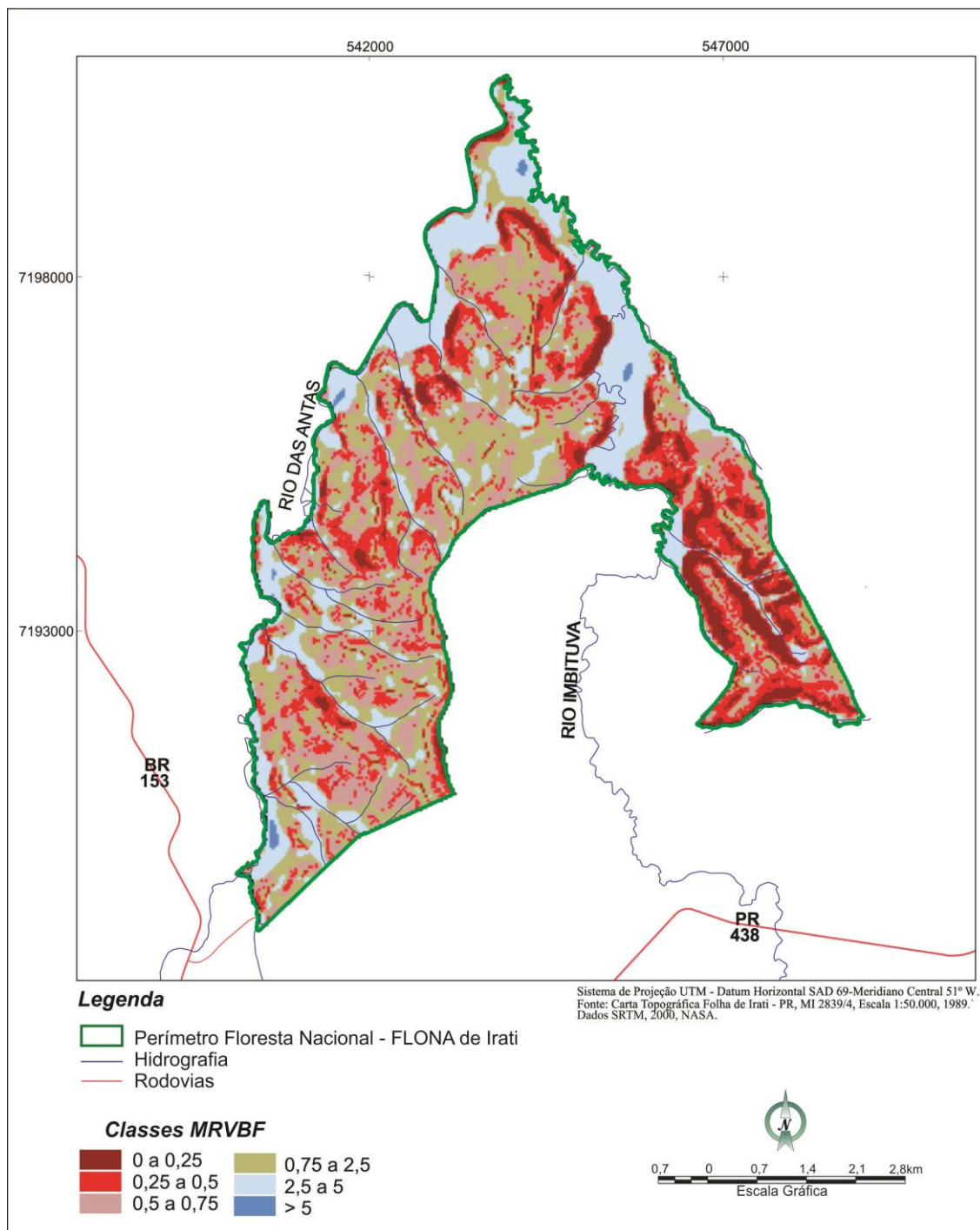


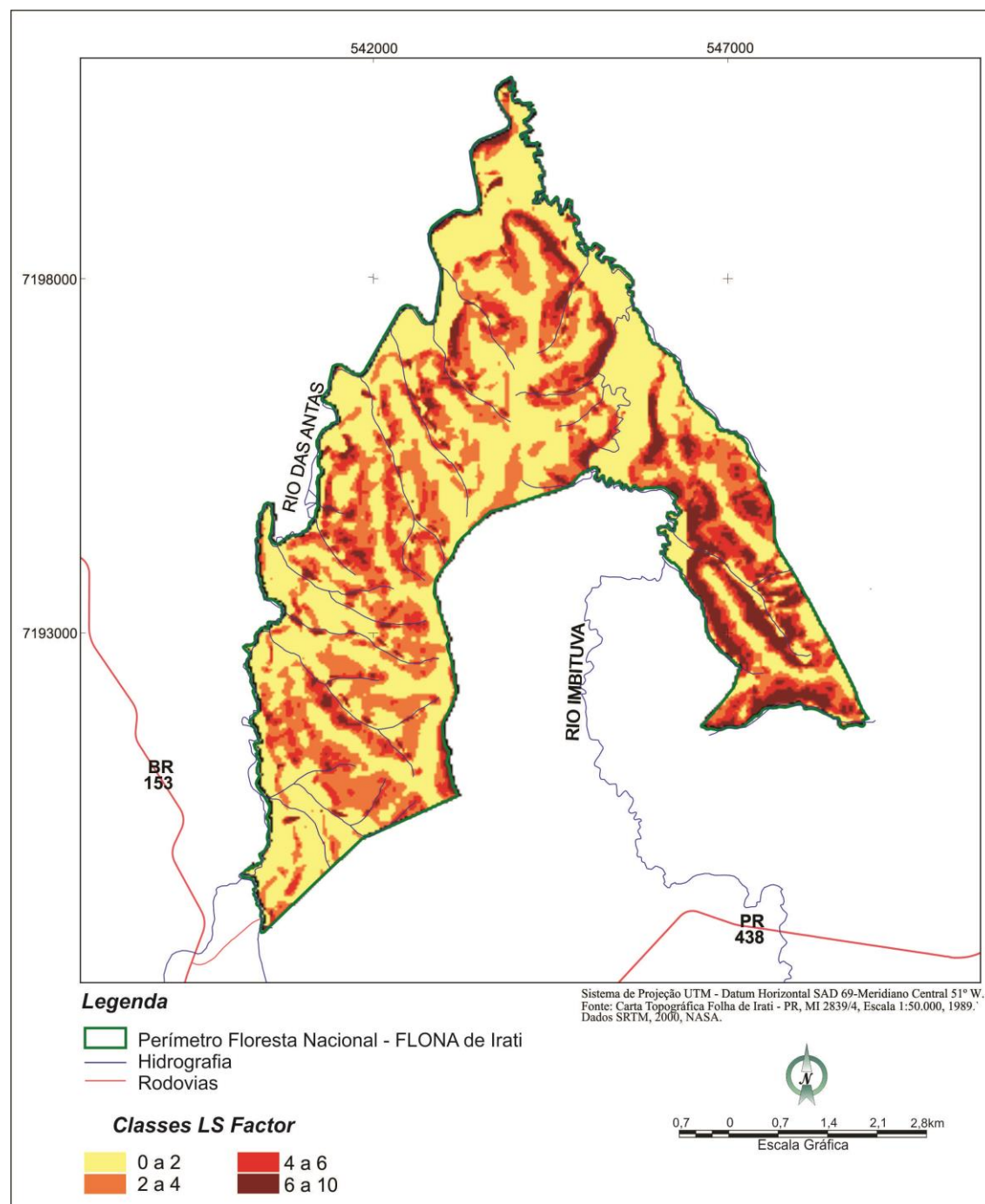
Figura 9: Distribuição Espacial do MRVBF na FLONA de Irati.
 Fonte: Maganhotto, 2012.

O Fator L_s , *LS Factor* (produto da relação entre a declividade e o comprimento de rampa), apresenta uma variação entre os valores de 0,79 a 9,65, Tabela 9 e Figura 10. A quantificação deste atributo possibilitou a identificação de áreas suscetíveis aos processos erosivos, ao norte e ao leste da unidade. Cerca de, 720 ha da unidade, ou seja, 20% registraram *Ls Factor*, acima de 4, valor definido por Mansor *et al.* (2002) como indicativo de áreas potencialmente erosivas.

Tabela 9: Distribuição do *Ls Factor* na FLONA de Irati

Classes	Área (ha)
0 a 2	1864
2 a 4	1030
4 a 6	428
6 a 10	296

Fonte: Maganhotto, 2013.

Figura 10: Distribuição Espacial do *Ls Factor* na FLONA de Irati.

Fonte: Maganhotto, 2012.

Em contrapartida, 80% da FLONA compreendem superfícies com baixo potencial erosivo caracterizado pelos valores menores que 4.

O processamento da variável Declividade, *Slope*, demonstrou uma condição clinográfica variando de plano a ondulado, no intervalo de 0 a 30%, discretizados em cinco classes de declive definidas a partir da classificação proposta por Lepch (1991), Figura 11 e Tabela 10.

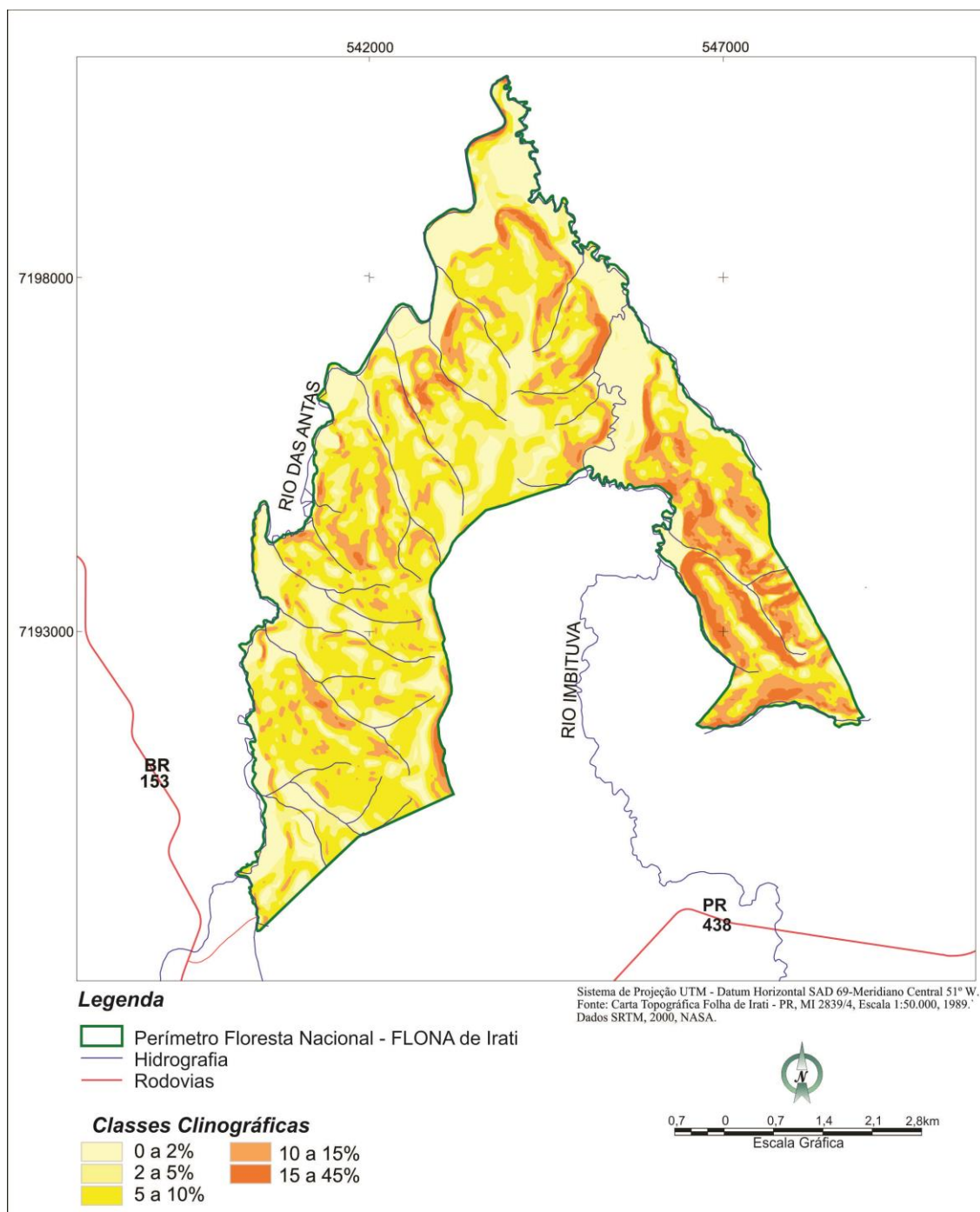


Figura 11: Carta Clinográfica.
 Organizado: Maganhotto, R.F.

Tabela 10: Distribuição da declividade na FLONA de Irati

Classes	Área (ha)
0 a 2%	894
2 a 5%	673
5 a 10%	1345
10 a 15%	517
15 a 45%	187

Fonte: Maganhotto, 2013.

Verificou-se com a caracterização deste atributo que 5,1% da unidade, encontram-se em declividades maiores que 15%, necessitando de maiores cuidados devido sua propensão aos processos erosivos.

A partir da interpretação destes dados, pode-se afirmar que as regiões norte e leste da unidade apresentam-se mais vulneráveis aos processos erosivos, enquanto nas regiões oeste e norte, adentrando pela parte central da área margeando os Rios das Antas e Imbituva, verificam-se altos índices de umidade, denotando acúmulo de água e áreas inundáveis.

A conformação do terreno representada por meio do MNT, aliada à quantificação e espacialização desses atributos, permitiram a caracterização do relevo e de fenômenos associados, orientando a aquisição de informações pedológicas e de limitação de uso, apresentadas nos próximos itens.

4.2 A CORRELAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COM OS SOLOS DA FLONA DE IRATI

Os solos configuram-se como uma variável importante à realização do planejamento ambiental, sua análise contribui no entendimento de processos naturais agregando informações sobre aspectos ambientais (SANTOS, 2004; SIRTOLI, 2008).

No entanto, os mapas de solos disponíveis, nem sempre, encontram-se em escalas adequadas à realização de pesquisas ou ao manejo ambiental. A carência de materiais com maior detalhamento é reflexo das dimensões do Brasil, da complexidade do assunto, da falta de ações para este fim e do número restrito de profissionais da área.

O levantamento de solos do território nacional é realizado pelo serviço pedológico da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) desde a

década de 1960. Em 1999, a EMBRAPA consolidou o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 1999). O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos resultou de um projeto nacional que envolveu a comunidade científica de Ciência do Solo (COELHO, 2010). Desde então, o SiBCS, passou por algumas atualizações e a mais recente ocorreu em 2013.

O mapeamento do Estado do Paraná encontra-se na escala de 1:600.000, e de acordo com a classificação do IBGE (2007) esta escala enquadra-se para os levantamentos de reconhecimento, mostrando-se inadequada para orientação de pesquisas relacionadas ao Zoneamento Ambiental de UC, dependentes de informações pedológicas mais detalhadas.

O vínculo existente entre o relevo e os solos tem motivado a realização de uma série de pesquisas utilizando os IRR para geração de dados pedológicos.

Para Queiroz Neto (2000), a busca pelo entendimento da relação morfogênese/pedogênese é permanente, uma vez que os solos têm sua história ligada à própria história do relevo.

De acordo com Valladares e Hott (2008), as formas do relevo representadas através de um modelo do terreno têm um grande impacto sobre os solos por meio dos movimentos da água e de sedimentos.

De acordo com o esquema davisiano de evolução do relevo, a uma fase de juventude, de vigorosa morfogênese, estariam associados solos jovens e rasos, que evoluiriam para a maturidade sob um relevo menos recortado, com mais equilíbrio entre erosão e acumulação de materiais, até a senilidade, com a pedogênese refletindo solos num estágio máximo de desenvolvimento (ESPINDOLA, 2010).

Desta forma, os IRR passaram por uma análise direcionada à obtenção de informações pedológicas, as quais foram associadas ao mapeamento existente e as características morfológicas evidenciadas em campo.

Baseando-se na quantificação dos IRR (AACN, TWI, MRVBF, SLOPE e *Ls Factor*) e na sua distribuição sob as classes pedológicas (Latosolos - LVd2, LVd9 e Cambissolos - CHa7 e CXbd28), identificou-se incompatibilidades, mediante as características dos solos mapeados pela EMBRAPA e as informações derivadas dos IRR.

De acordo com Correa (1984), EMBRAPA (1984) e UFPR (2007) os Latossolos caracterizam-se como solos permeáveis, de boa drenagem e estáveis. No entanto, ao visualizar os valores máximos e mínimos dos IRR, Tabela 11, e sua

disposição espacial nestas classes pedológicas, Figuras 12, 13, 14 e 15, verificou-se a existência de áreas com erosão e acúmulo de água, condições incompatíveis as características dos Latossolos.

EMBRAPA (1984), EMBRAPA (1986) e UFPR (2007) informaram que os Cambissolos localizam-se em relevos mais declivosos, configurando-se como solos menos estáveis e menos desenvolvidos que os Latossolos. Ao associar os valores dos IRR a estes solos, Tabela 11, e ao sobrepor a imagem dos IRR aos limites dos Cambissolos, identificou-se, também, a existência de áreas com acúmulo de água e alto potencial erosivo, divergindo dos parâmetros inerentes aos Cambissolos.

A Tabela 11 e as Figuras 12, 13, 14 e 15, apresentam, respectivamente, a quantificação dos IRR para as classes pedológicas levantadas pela EMBRAPA, assim como a disposição espacial dos IRR para cada solo mapeado.

Tabela 11: Classificação EMBRAPA correlacionada com os IRR

SOLOS								
IRR	Latossolo - LVd9				Latossolo - LVd2			
	Min.	Max.	Média	Desvio	Min.	Max.	Média	Desvio
AACN	0	40.68	12.06	10.27	0	37.83	4.95	7.06
TWI	5.32	22.98	8.29	1.51	4.41	22.62	9.38	2.66
MRVBF	0.00	4.99	1.09	0.91	0.00	5.95	1.95	1.65
SLOPE	0	22.41	6.23	3.64	0	29.75	4.52	4.08
LS FACTOR	0	39.39	2.39	1.97	0	34.18	1.75	2.14
IRR	Cambissolo -CXbd28				Cambissolo -CHa7			
	Min.	Max.	Média	Desvio	Min.	Max.	Média	Desvio
AACN	0	49.98	18.96	14.38	0	54.66	10.63	12.99
TWI	5.34	20.26	8.11	1.78	4.33	23.82	9.03	2.90
MRVBF	0.00	4.99	0.79	1.01	0.00	5.88	1.85	1.86
SLOPE	0	27.46	9.34	5.21	0	30.28	6.45	6.05
LS FACTOR	0	66.04	4.10	3.25	0	91.46	2.57	3.16

Fonte: Maganhotto, 2012.

Por meio da quantificação dos índices para os pontos (5, 10, 11, 12, 20, 25, 26, 32, 2, 4 e 18) selecionados nas classes dos Latossolos (LVd9 e LVd2), verificaram-se valores correspondentes a uma boa drenagem, baixo potencial erosivo, declividade moderadamente ondulada e Ls baixo.

Nas classes dos Cambissolos (CXbd28 e CHa7), os pontos (38, 40, 42, 47, 31, 33, 35, 37 e 41) registraram valores de MRVBF menores, associados a

maiores declividades e Fator LS mais elevados caracterizando solos menos desenvolvidos e com maior potencial erosivo.

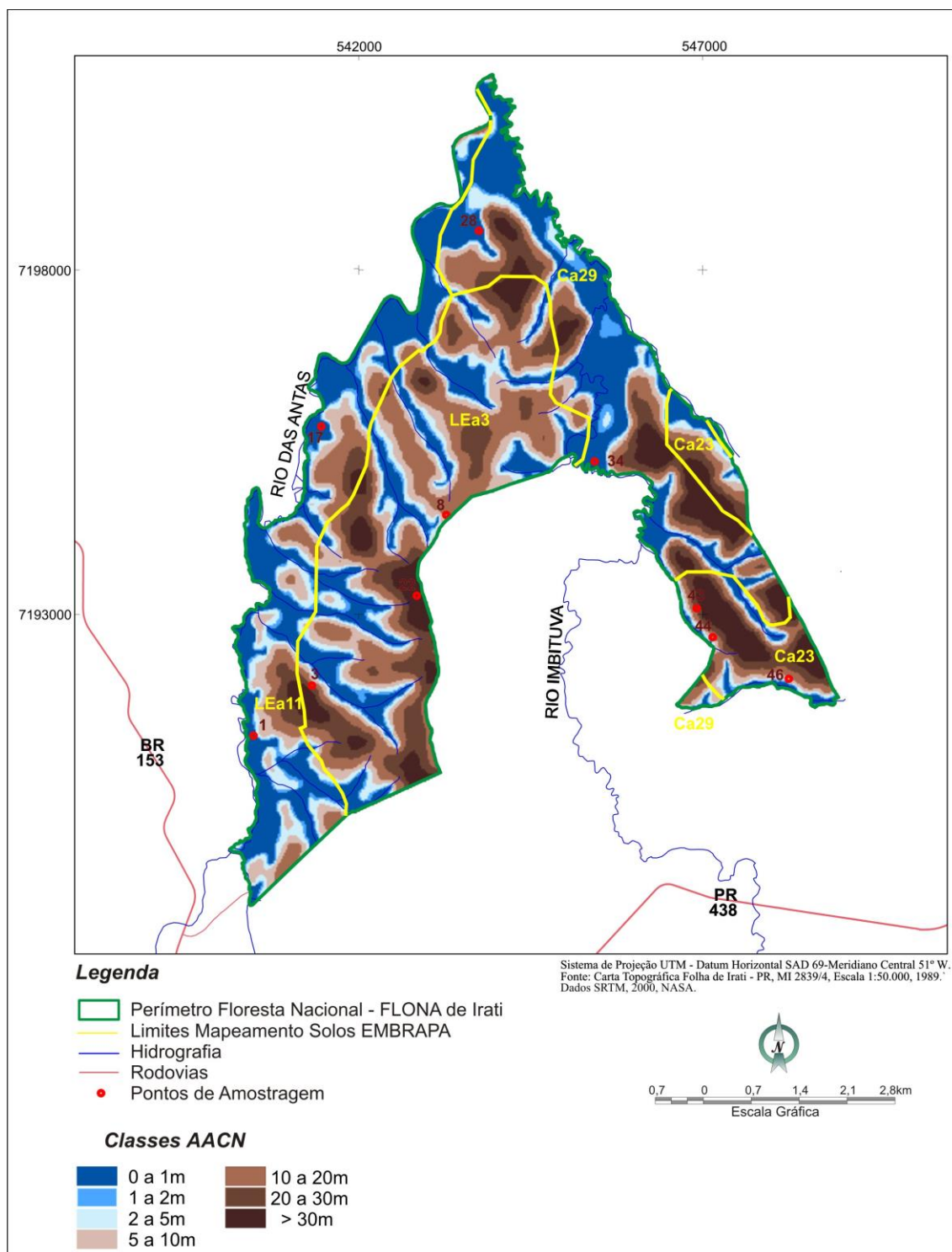


Figura 12: Disposição do AACN nas classes pedológicas
 Fonte: Maganhotto, 2013.

Neste contexto, pode-se afirmar que os valores quantificados para estes pontos corresponderam às características pedológicas das classes mapeadas pela EMBRAPA na escala de 1:600.000.

No entanto, verificou-se que os valores dos pontos 1 e 17 na classe LVd2; 3, 8 e 22 na LVd9; 43, 44 e 46 na CXbd28; e 28 e 34 na CHa7, destoaram dos demais, por apresentarem características diferentes dos solos, levantados pela a EMBRAPA, em que se encontram inseridos. A Tabela 11 apresenta os valores dos IRR registrados para os pontos de coleta.

Tabela 12: Pontos amostrados correlacionado com os IRR

SOLOS	PONTOS	AACN	TWI	MRVBF	SLOPE	LS -FACTOR
LVd9	5	10	7	0,6	6,5	1,7
	10	5	7	1	5,1	1
	11	5	9	1,3	4,5	2
	12	5	8	0,7	8,2	3,6
	20	17	7	0,6	5,8	1,2
	25	1,8	8	0,8	0,5	0,04
	26	27	8	1,5	4,4	1,5
	32	18	8	1,2	1,2	0,1
	3*	23	6,7	0,06	16	6
	8*	17	6,6	0,5	8,7	3,3
	22*	24	6,3	0,4	8	3,5
LVd2	2	12	8,2	0,6	8,9	4
	4	12	7,6	0,7	5,9	1,6
	18	18	7,5	0,5	8,3	2,7
	1*	0	13	3,7	0,02	0,002
	17*	0	11	4,5	0,05	0,002
CXbd28	38	2	9,5	0,7	5,8	4,4
	40	3	7,8	0,8	5,5	1,6
	42	27	8	0,4	7,1	2,7
	47	34	7,2	0,4	8,3	2,4
	43*	23	7,4	0,1	14,9	7,2
	44*	11	8	0,3	12,6	7
CHa7	46*	11	8	0,3	11,7	5,9
	31	26	7	0,5	6	1,4
	33	5	7,3	0,4	8,7	2,7
	35	32	8,2	0,8	5,9	2
	37	15	7,9	0,5	7,3	2,6
	41	17	7,7	0,3	11,9	5,4
	28*	0	12	3,9	0,02	0,001
	34*	0	10	4,9	0,02	0,001

* os valores dos IRR quantificados para estes pontos não correspondem as características dos solos mapeados pela EMBRAPA.

Fonte: Maganhotto, 2012.

Verificou-se que os valores dos IRR quantificados para os pontos descritos no parágrafo anterior, apesar de não corresponderem as características dos solos mapeados, foram validados pelas condições pedológicas observadas em campo e que estas divergências ocorreram devido a escala de reconhecimento de 1:600.000

do mapeamento de solos, que impossibilita a visualização de uma série de detalhes relevantes ao planejamento ambiental de UC.

Os pontos de coleta 1 e 17, inseridos na classe LVd2, situam-se nas proximidades do Rio das Antas, fato que explica os, valores de 13 e 11, respectivamente, para o TWI, e 0 para a variável AACN indicativos de alto índice de umidade e acúmulo de água, as Fotos 1, 2, 3 e 4 documentaram as sondagens e a paisagem de entorno nestes pontos. Registraram-se para o MRVBF, nestes pontos, valores acima de 3,5, indicando à existência de processos sedimentares, comuns as várzeas, como a área em que se encontram localizados. Estes parâmetros não correspondem características dos Latossolos, a cor acinzentada, a condição saturada e sua posição na paisagem reforçam uma realidade próxima de Gleissolos.



Foto 1: Amostra pnt. 1.
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 2: Entorno pnt 1.
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 3: Amostra pnt. 17.
Fonte: Maganhotto, 2012



Foto 4: Entorno pnt 17.
Fonte: Maganhotto, 2012.

O ponto 28 encontra-se nas proximidades dos Rios das Antas e Imbituva, enquanto o 34 situa-se na margem do Rio Imbituva, Fotos 5, 6, 7, e 8 ilustram as atividades realizadas nestes pontos, assim como, o entorno dos mesmos. Situados na classe dos Cambissolos, CHa7, estes pontos, também, apresentaram indicativos de acúmulo de água e de sedimentação por meio dos valores de TWI de 12 e 10, respectivamente, AACN de 0 e MRVBF acima de 3,5. A declividade plana, a proximidade com os rios, o processo de sedimentação, a cor escura e a presença de água verificados nestes pontos, caracterizam os Gleissolos.



Foto 5: Amostra pnt. 28
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 6: Entorno pnt. 28
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 7: Rio Imbituva, Entorno pnt. 34
Fonte: Maganhotto, 2012



Foto 8: Acesso ao pnt 34.
Fonte: Maganhotto, 2012.

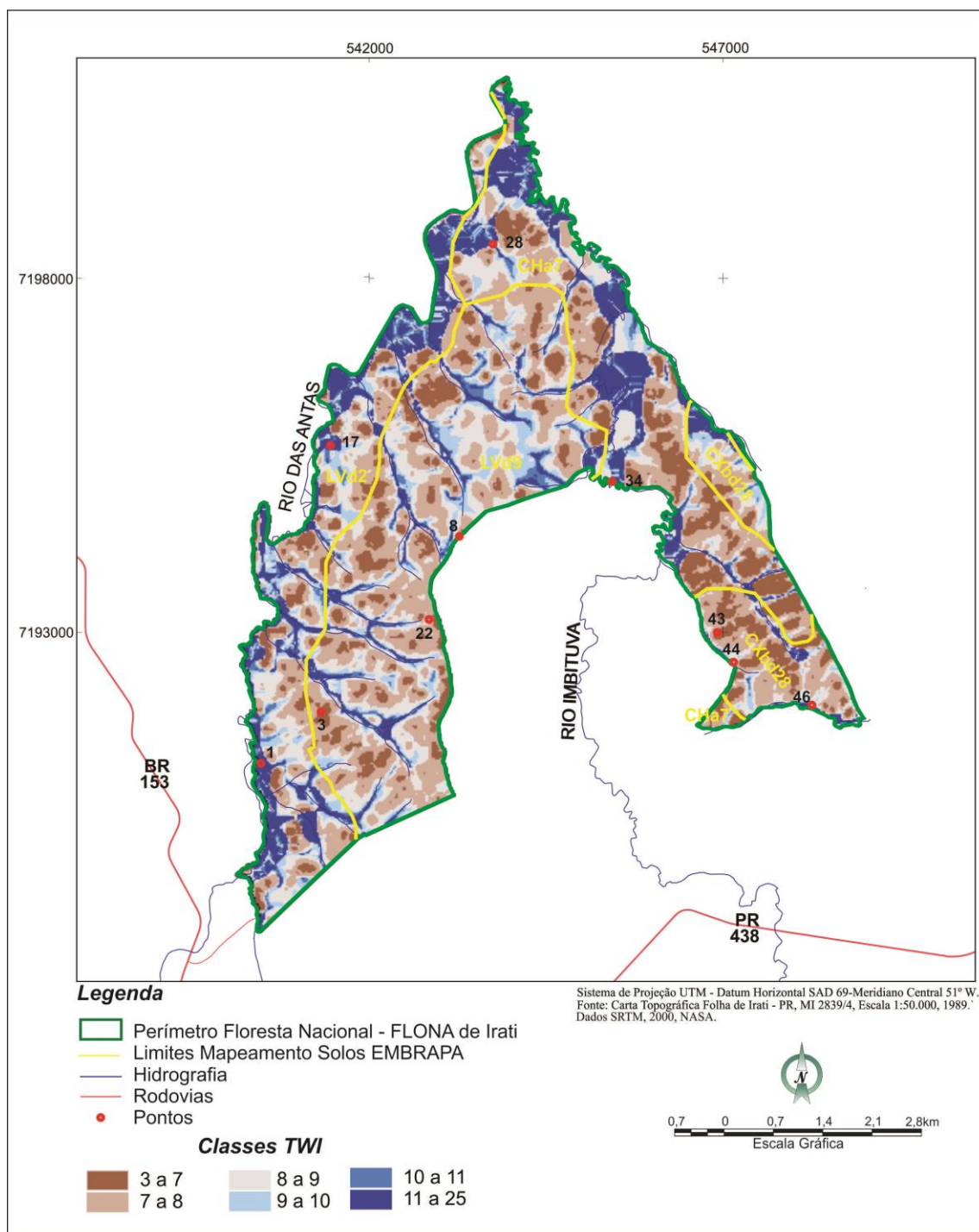


Figura 13: Disposição do TWI nas classes pedológicas
 Fonte: Maganhotto, 2013.

Os pontos 3, 8 e 22, situados na Classe LVd9, encontram-se, respectivamente, a 23, 17 e 24 metros da rede de drenagem, estes valores de AACN demonstram, juntamente com os registros de TWI abaixo de 7, solos com boa drenagem. Foi registrado, para o ponto 3, alto potencial de erosão, fato verificado a partir de seu MRVBF de 0,06, e *Ls Factor* de 6. Os pontos 8 e 22, mesmo não

apresentando valores tão acentuados quanto o anterior, registraram potencial erosivo com valor de 0,5 e 0,4 para MRVBF. Estes parâmetros não correspondem as características dos Latossolos, mas a solos menos desenvolvidos, como os Cambissolos presentes nesta classe como uma possível inclusão. As Fotos 9, 10, 11, 12, 13 e 14 apresentam as amostras e o entorno dos pontos localizados em área com vegetação.



Foto 9: Amostra pnt. 3
Fonte: Maganhotto, 2012



Foto 10: Amostra pnt. 8
Fonte: Maganhotto, 2012.

Complementando a caracterização dos IRR, verificou-se durante a sondagem para estes pontos uma amostra de solo pouco estruturada e adensada a partir dos 60 cm de profundidade.



Foto 11: Entorno, pnt. 3
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 12: Entorno, pnt. 8
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 13: Amostra, pnt 22.
Fonte: Maganhotto, 2012



Foto 14: Trincheira, pnt 22.
Fonte: Maganhotto, 2012.

Os pontos 43, 44 e 46 encontram-se na região sudeste da FLONA, onde foram mapeadas as maiores declividades da unidade, consequentemente,

registraram-se para os respectivos atributos valores indicativos de processos erosivos. Verificou-se para estes pontos valores de MRVBF menor ou iguais a 0,3, associados a declividades maiores que 11% e a *Ls Factor* acima de 5,9.

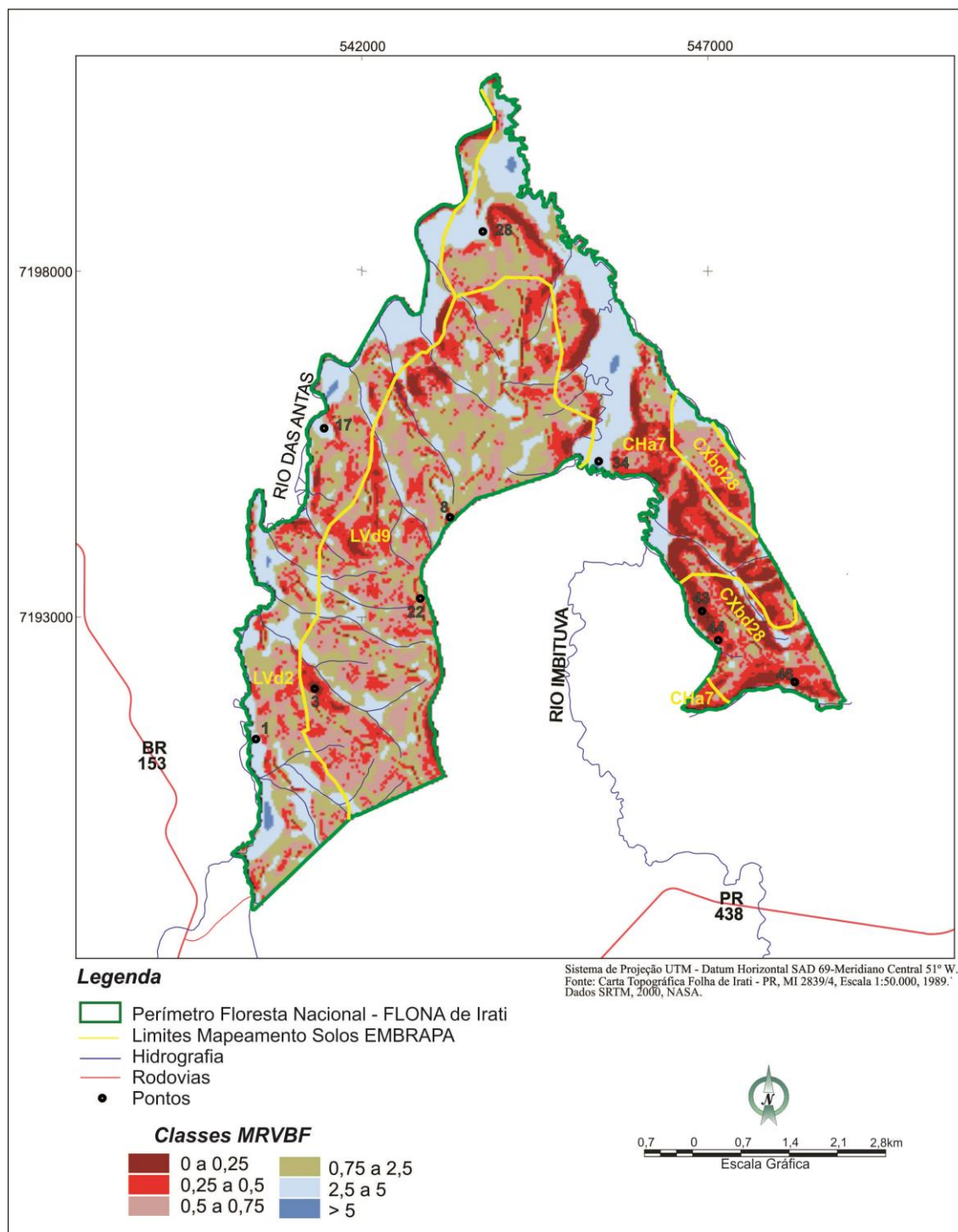


Figura 14: Disposição do MRVBF nas classes pedológicas
 Fonte: Maganhotto, 2013.

As Fotos 15, 16, 17, 18, 19 e 20 retratam a sondagem e o entorno dos pontos 43, 44 e 46.



Foto 15: Amostra, pnt. 43
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 16: Entorno, pnt. 43
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 17: Amostra, pnt. 44
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 18: Entorno, pnt. 44
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 19: Amostra, pnt. 46
Fonte: Maganhotto, 2012.



Foto 20: Entorno pnt 46
Fonte: Maganhotto, 2012.

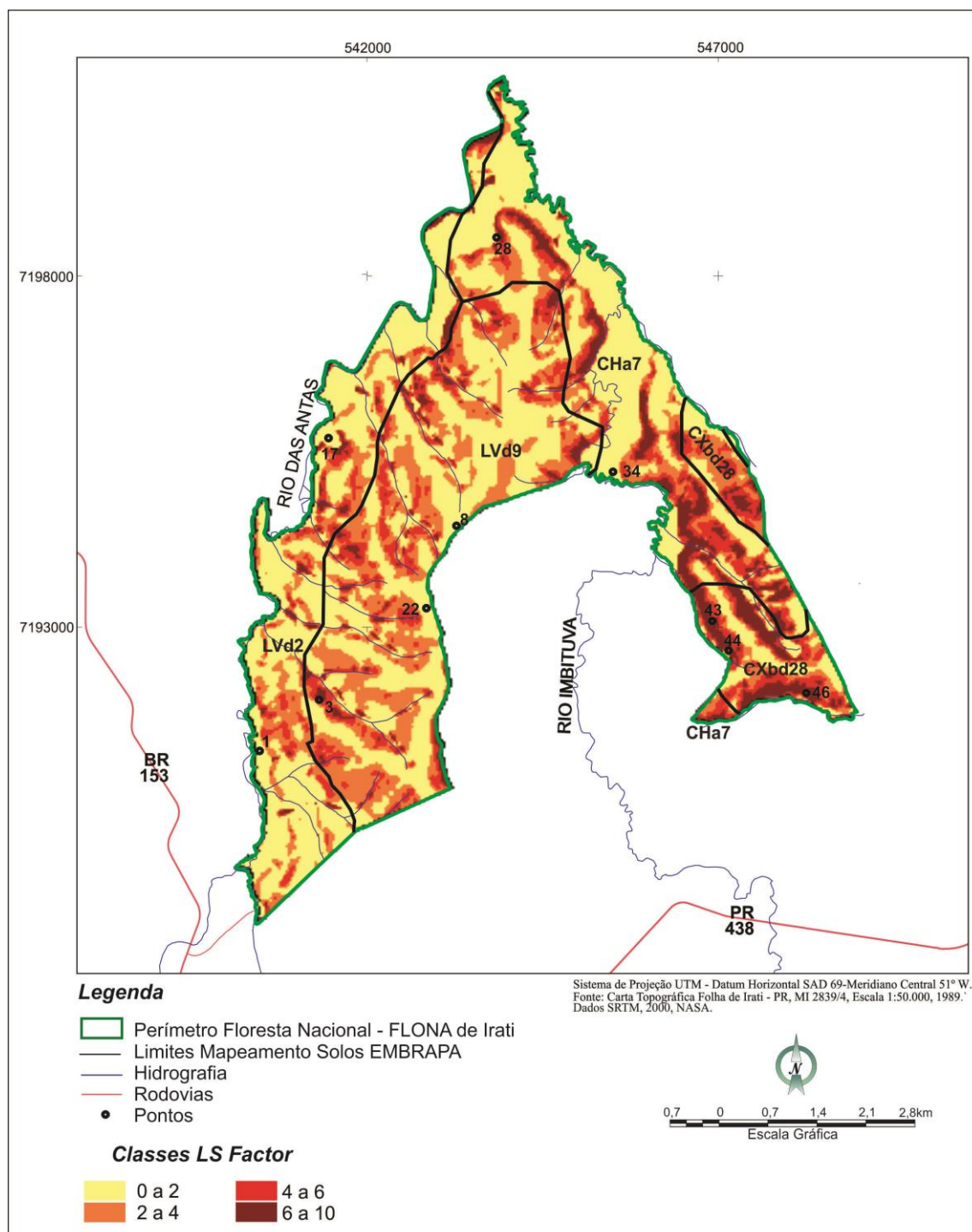


Figura 15: Disposição do *Ls Factor* nas classes pedológicas
 Fonte: Maganhotto, 2013.

Durante as sondagens verificaram-se para os solos amostrados nos pontos 43, 44 e 46 o aumento significativo da consistência e a variação da cor a partir dos 40cm. A amostra do ponto de coleta 43 apresentou pequena variação de cor, tornando-se mais consistente a partir dos 50 cm de profundidade. O solo amostrado no ponto 44 apresentou significativa variação de cor a partir dos 50 cm e sua

consistência tornou-se mais acentuada a partir dos 60 cm. Verificou-se no ponto de coleta 46 um solo com alteração de cor a partir dos 40 cm, maior consistência a partir dos 60 cm e com presença de cascalho nos últimos 20cm. Acredita-se que esta variação esta associada a posição do ponto na vertente indo de encontro às abordagens de (GERRARD, 1981, *apud* COELHO 2010; ESPINDOLA, 2010).

Os valores dos IRR quantificados para esses pontos, assim como, as características morfológicas levantadas em campo, reportam-se a solos em um estágio inicial de desenvolvimento recorrentes a solos mais jovens como os Neossolos.

Desta forma, a análise conjunta das informações derivadas dos IRR, dos dados coletados durante a atividade de campo e do mapeamento de solos da EMBRAPA, demonstrou a correlação dos índices às condições pedológicas da FLONA de Irati, ressaltando a importancia de um mapeamento em escala maior do que a consultada de 1:600.000.

Confirmada a relação dos IRR com os solos, foram utilizados estes atributos para a reclassificação dos solos da FLONA, priorizando a geração de informações pedológicas de maior detalhe. O item que se segue apresenta a reclassificação dos solos na FLONA de Irati e expõe a importância destas informações no processo de Zoneamento Ambiental.

4.2.1 A utilização dos Índices de Representação do Relevo no detalhamento das informações pedológicas da FLONA de Irati

O levantamento dos solos e o entendimento de suas características favorecem a dedução de sua potencialidade e fragilidade como elemento natural, como recurso produtivo e como substrato de atividades construtivas, configurando-se como elemento importante no planejamento ambiental (SANTOS, 2004).

Representam extrema importância em estudos ambientais, pois os processos do meio físico (erosão, escorregamentos, assoreamento, contaminação, colapsos e subsidências, recalques, etc.) ocorrem predominantemente no solo e por ele são condicionados (SIRTOLI, 2008).

Para Santos (2004), o solo é o elemento conectivo entre as ações antrópicas e o meio, devem-se pressupor os limites do solo e destinar seu uso ou ocupação em função de suas possibilidades de aproveitamento racional.

Entendendo a importância dessa variável no planejamento de UC's Galante *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2009) mencionaram em seus Roteiros Metodológicos para Elaboração de Planos de Manejo, que solos suscetíveis à erosão e a compactação e ou de maior fragilidade associada ao acúmulo de água deviam estar enquadrados em zonas mais restritivas como a Zona de Preservação e Zona Primitiva.

No presente trabalho, os IRR calculados a partir do MNT, auxiliaram na geração de informações pedológicas para a FLONA de Irati. A reclassificação dos solos fundamentou-se no processamento dos IRR, em sua associação com as informações pedológicas existentes e nos dados levantados em campo. Buscou-se por meio destes procedimentos a obtenção de um produto mais detalhado, identificando novas classes de pedológicas.

Para isso, mantiveram-se os limites do mapa de escala 1:600.000, e a partir classes geradas com o agrupamento dos IRR (*Altitude Above Channel Network*, *Wetness Index*, *MRVBF*, e *Ls Factors*), realizou-se uma adequação interna dos polígonos. As classes pedológicas, Tabela 13 e Figura 16, foram definidas a partir do processamento dos IRR, e dos dados coletados em campo.

Tabela 13: Classes pedológicas correlacionadas com os Índices

SOLOS								
IRR	Latossolos				Nitossolos			
	Min.	Max.	Média	Desvio	Min.	Max.	Média	Desvio
AACN	0	39.81	8.20	8.52	0	37.83	6.89	7.58
TWI	5.62	22.98	8.58	1.77	4.84	21.05	8.48	1.85
MRVBF	0.00	4.99	1.23	1.03	0.00	4.94	1.24	1.12
SLOPE	0	22.41	6.01	3.70	0	21.01	5.82	3.61
LS FACTOR	0	39.39	2.45	2.15	0	34.18	2.23	2.10
IRR	Argissolos				Cambissolos			
	Min.	Max.	Média	Desvio	Min.	Max.	Média	Desvio
AACN	0	48.29	19.80	15.80	0	54.66	17.14	11.71
TWI	5.34	21.49	8.52	2.08	4.84	19.85	7.77	1.19
MRVBF	0.00	4.99	1.16	1.20	0.00	4.97	0.77	0.70
SLOPE	0	24.65	6.19	3.69	0	30.28	8.22	4.88
LS FACTOR	0	65.49	2.36	2.38	0	91.46	3.15	2.69
IRR	Gleissolos				Neossolos			
	Min.	Max.	Média	Desvio	Min.	Max.	Média	Desvio
AACN	0	20.42	0.42	1.13	0	43.50	12.75	10.95
TWI	4.33	23.82	11.40	3.16	5.40	19.52	7.95	1.53
MRVBF	0.00	5.95	3.74	1.45	0.00	3.99	0.50	0.75
SLOPE	0	29.75	1.29	2.81	0	22.54	12.24	4.24
LS FACTOR	0	57.15	0.56	1.79	0	34.81	6.03	3.03

Fonte: Maganhotto, 2011.

Organização: Maganhotto, 2011.

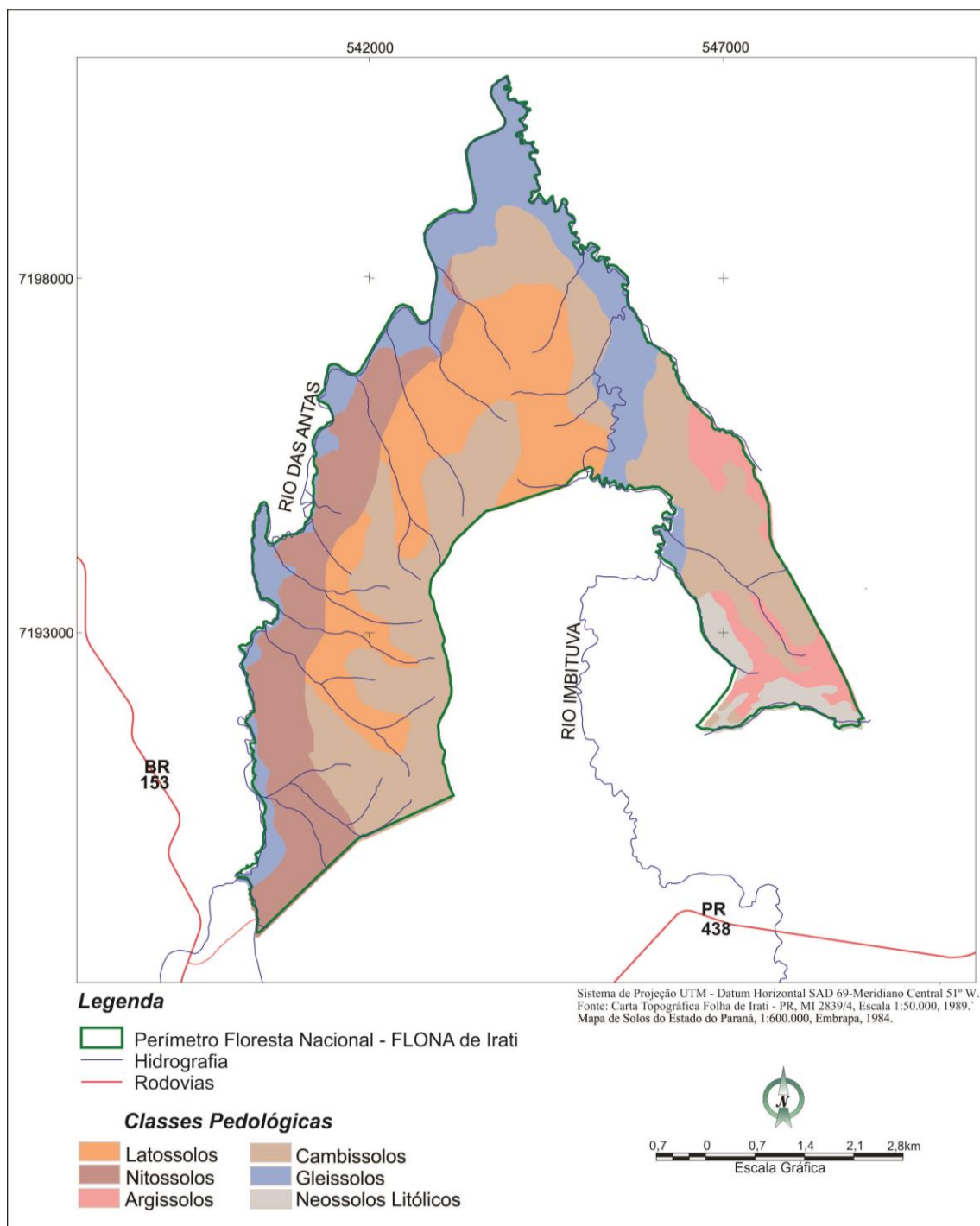


Figura 16: Solos Reclassificados
 Fonte: Maganhotto, 2011.

Os Latossolos, normalmente, ocupam topos de paisagem e em relevo de baixa declividade, são permeáveis e com boa drenagem, de alta estabilidade e com baixo risco de erosão. (CORRÊA, 1984; EMBRAPA 1984, EMBRAPA 1986, UFPR 2007). A condição evidenciada na FLONA de Irati condiz com as afirmações anteriores, ao verificar a distribuição dos valores médios dos IRR,

observaram-se para este solo declividade média de 6%, boa drenagem (TWI – 8,5) e estabilidade (Ls Factor – 2,4 e MRVBF – 1,2).

Registraram-se para os Nitossolos e Argissolos valores médios de TWI abaixo de 8, declividades de 6,2 %, Ls Factor abaixo de 2,3 e MRVBF acima de 1, assim, constatou-se para estes solos uma condição de boa drenagem e de estabilidade.

Os Cambissolos geralmente são pouco espessos, ocorrendo principalmente em relevos mais declivosos e susceptíveis a erosão (EMBRAPA 1984, EMBRAPA 1986, UFPR, 2007). Na área de estudo estes, se localizam em uma declividade média superior a 8%. Baseando-se nos demais atributos os Cambissolos mostraram-se bem drenados como os solos anteriores, porém, mais suscetíveis aos processos erosivos, fato observado por meio dos seus valores de *Ls Factor*, 2,6 e MRVBF, 0,7.

Os Gleissolos situam-se em regiões planas, onde há saturação de água. Sua ocupação não é aconselhável por se tratarem de áreas sujeitas à inundação (UFPR 2007). Realidade condizente com o evidenciado na FLONA, estes se situam nas mais baixas altitudes adjacentes ao canal de drenagem, AACN de 0,4m, com alta concentração de água, TWI de 11,4, e distribuídos em declividades baixas, média de 1,2 %.

Os Neossolos caracterizam os solos em estágio inicial de evolução, apresentam pequena retenção de água, sendo assim, consideradas áreas de extrema fragilidade (UFPR, 2007). Os valores dos IRR corresponderam a estas características. A declividade média de 12%, com LS FACTOR de 6 e MRVBF de 0,5 reforça sua potencialidade aos processos erosivos.

Ao analisar a quantificação IRR para cada classe pedológica, confirmou-se a citação de Queiroz Neto (2000), mencionando a existência de Latossolos em relevo suave, correspondentes às antigas superfícies de erosão e sobre materiais detríticos e de Argissolos e Neossolos nas porções de relevo mais acidentado, rejuvenescido pela erosão.

Confirmaram-se, também, por meio dos valores dos IRR as diferenças das características pedológicas, e dos processos de formação dos solos nos diferentes seguimentos de vertente. Frequentemente a porção superior de uma encosta caracteriza-se pela erosão, a intermediária pelo transporte de sedimentos e o sopé pela deposição do material sedimentar. Dessa maneira, as partes mais altas são mais

drenadas, em relação às mais baixas, refletindo nas características pedológicas (GERRARD, 1981 *apud* COELHO, 2010).

Diante da relevância deste elemento para o entendimento dos processos do meio físico e da fragilidade física ambiental, pode-se afirmar que os solos são imprescindíveis em estudos relacionados ao Zoneamento Ambiental. Além de auxiliar no estabelecimento do zoneamento, as informações pedológicas devem ser consideradas no planejamento das atividades previstas para as zonas, como a extração madeireira inerente a Zona de Manejo e o planejamento e implantação de trilhas necessárias às atividades vinculadas às demais zonas.

A reclassificação dos solos confirmou a importância de informações mais detalhadas para orientar o Zoneamento Ambiental. Verificou-se que o mapa na escala de 1:600:000 apresentou apenas os Latossolos e Cambissolos como tipologias de solos da FLONA, enquanto a reclassificação delimitou, além dos já citados, os Nitossolos, Argissolos, Gleissolos e Neossolos.

Neste contexto, indica-se para estudos com esta conotação a consulta em materiais com escalas de detalhe como as utilizadas nos Levantamentos Detalhado e ou Semidetalhado. Caso isto não seja possível, devido à inexistência de mapas em escalas maiores, sugere-se a utilização dos IRR como alternativa para obtenção destas informações.

Como exemplo da relevância de informações pedológicas comenta-se o caso da presença de *Pinus* nas UC's. A FLONA de Irati apresenta 875 ha de plantio de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* L., plantados na década de 1960, momento em que o IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal) realizava seus primeiros experimentos com esta espécie nas FLONA's do Sul do país. Classificada como espécie exótica e invasora, tem-se mostrado uma ameaça para vegetação nativa, sendo consenso entre os ambientalistas e gestores de UC's a sua retirada.

Com base nas informações pedológicas resultantes do mapeamento da EMBRAPA, verificou-se para a área correspondente a esta forma de uso apenas a presença dos Cambissolos e Latossolos. No entanto, ao visualizar a Figura 17, verifica-se que a reclassificação pedológica a partir dos IRR identificou solos de maior fragilidade para a área em questão.

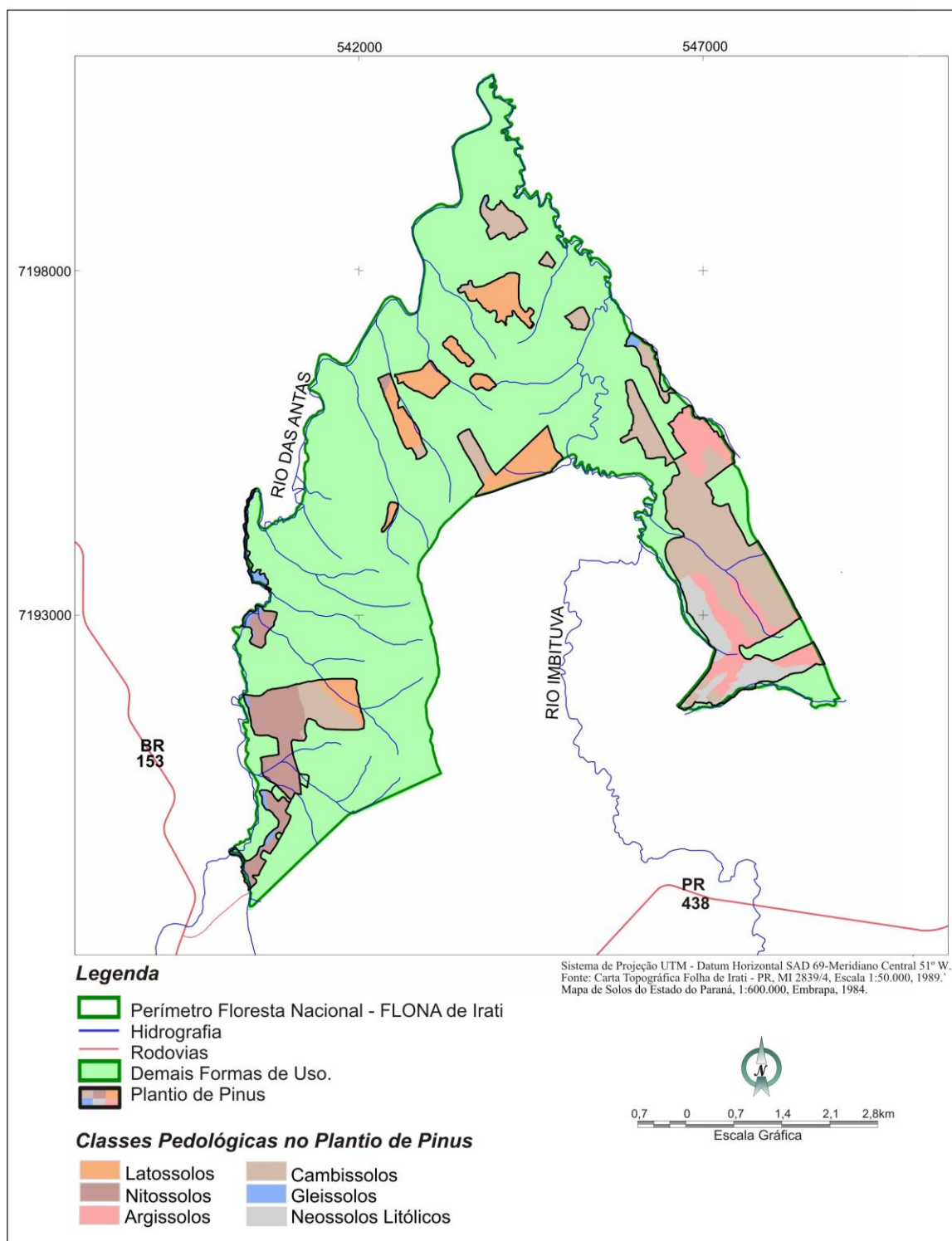


Figura 17: Classes Pedológicas no Plantio de Pinus
 Fonte: Maganhotto, 2013.

Verificaram-se solos mais estáveis e desenvolvidos como os Latossolos, Argissolos e Nitossolos, ocupando 47% da área de plantio de Pinus. E solos menos desenvolvidos e mais instáveis, como os Cambissolos e Neossolos, dispostos, respectivamente, em cerca de, 43% e 10%.

Além de orientar o planejamento da retirada da vegetação, as informações pedológicas devem contribuir para:

- A execução das demais atividades previstas para a unidade;
- A elaboração de Diretrizes de Manejo, e;
- O estabelecimento e reorientação do Zoneamento Ambiental da unidade.

Para Lacerda e Barbosa (2012), os mapeamentos de solos em escalas detalhadas são necessários para embasar os estudos relacionados ao uso sustentável das terras.

Neste contexto, a compartimentação do relevo, formas de vertente, drenagem e parâmetros pedológicos, obtidos com os IRR, além de contemplarem o critério de zoneamento Variabilidade Ambiental, possibilitam, também, a obtenção de informações relacionadas à limitação de uso, as quais contribuem no estabelecimento do zoneamento e planejamento das atividades inerentes a cada zona.

4.3 A APLICAÇÃO DOS ÍNDICES DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO COMO SUPORTE NO ESTABELECIMENTO E PLANEJAMENTO DAS ZONAS

Apoiando-se na suscetibilidade ambiental, como um dos critérios de zoneamento apontada por Galante *et al.* (2002) e Gonçalves *et al.* (2009), utilizou-se os IRR para a delimitação de Classes Limitantes, representando os diferentes graus de limitação de uso presentes na FLONA de Irati.

Em seguida, priorizou-se o uso racional das terras, por meio da compatibilização entre as características das atividades previstas para cada zona às limitações e aptidões de uso da área.

Por fim, realizou-se uma tabulação cruzada entre as Classes Limitantes e o Zoneamento proposto por Mazza (2007), demonstrando a importância do processamento dos IRR no delineamento e planejamento das zonas.

4.3.1 A aplicação dos Índices de Representação do Relevo à determinação de classes limitantes

Ao analisar os Roteiros Metodológicos Para Elaboração de Plano de Manejo Galante et al, (2002) e Gonçalves (2009), pode-se afirmar que estes materiais limitam-se a descrição e não ao estabelecimento da correlação entre as condicionantes físicas de uma unidade. Consideram a Suscetibilidade Ambiental como critério, mas não indicam variáveis e método para se definir suas classes.

Aliados a isto, Moore (1991), Hudson (1992), Magnusson (1999), Pablo (2000), Silva e Santos (2004) e Santos (2004) alertaram quanto à necessidade de abordagens quantitativas considerando variáveis relacionadas à pedologia e à geomorfologia. Neste contexto, utilizaram-se os IRR como variáveis para definição da Suscetibilidade Ambiental da FLONA de Irati, por meio da delimitação de Classes Limitantes.

A correlação destes atributos com os processos geomorfológicos, parâmetros pedológicos e características das vertentes, demonstrou sua aplicabilidade à obtenção de áreas com diferentes graus de limitação de uso. A síntese dos atributos (AACN, TWI, *Slope*, MRVBF e *Ls Factor*) apresentaram 4 classes, denominadas Classe com Limitação Muito Baixa, Baixa, Média e Alta, representadas na Figura 18. A Tabela 14 apresenta os valores dos atributos registrados para cada classe.

Tabela 14: Distribuição dos Índices nas Classes de Limitação

CLASSES DE LIMITAÇÃO DE USO								
IRR	Muito Baixa				Baixa			
	Min.	Max.	Média	Desvio	Min.	Max.	Média	Desvio
AACN	0	63.54	19.89	12.83	0	63.54	9.98	11.49
TWI	3.91	14.53	7.86	0.78	3.92	17.20	8.44	1.19
MRVBF	0.57	2.82	1.35	0.51	0.27	5.73	1.20	0.81
SLOPE	0	10.40	3.47	1.53	0	13.21	5.31	2.16
LS FACTOR	0	2.46	0.74	0.42	0.27	5.73	1.20	0.81
IRR	Média				Alta			
	Min.	Max.	Média	Desvio	Min.	Max.	Média	Desvio
AACN	0	63.59	8.39	12.38	0	59.33	13.03	10.92
TWI	3.32	24.03	9.62	2.85	2.84	24.03	7.80	1.92
MRVBF	0.00	5.99	2.18	1.87	0	6.01	0.48	0.94
SLOPE	0	18.16	4.41	4.05	0	48.26	12.86	4.54
LS FACTOR	0	11.72	1.63	1.68	0	91.46	5.92	2.80

Fonte: Maganhotto, 2013.

A Classe com Limitação Alta compreende 845 ha e registrou para estas áreas as maiores limitações, devido sua alta propensão à sedimentação, erosão e

ao acúmulo de água. A quantificação dos atributos demonstrou com os valores médios o predomínio de áreas com alto potencial erosivo, fato constatado pelas médias do *Slope* de 12,8%, do *Ls Factor* de 5,9 e do MRVBF de 0,4. No entanto, há locais caracterizados pela sedimentação e acúmulo de água, afirmação fundamentada pelos valores máximos de MRVBF e TWI.

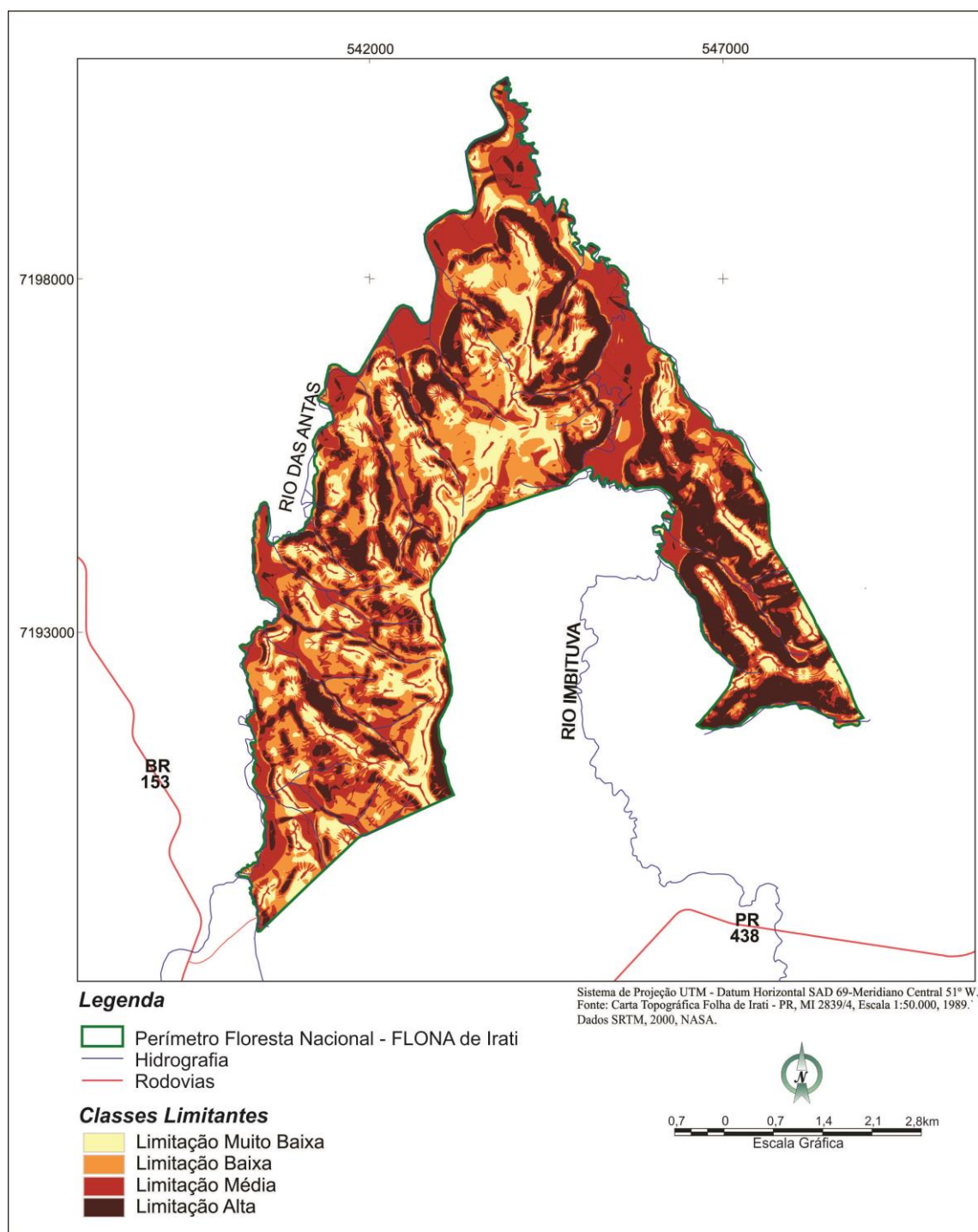


Figura 18: Classes de Limitação.
 Fonte: Maganhotto, 2012.

Prevalece na Classe com Limitação Média, distribuída em aproximados 1277 ha, problemas relacionados ao acúmulo de água e à sedimentação, e os valores médios de 9,6 do TWI e de 2,1 de MRVBF confirmam esta condição. No entanto, cabe ressaltar que as áreas localizadas na região sudeste da unidade registraram, para o MRVBF, valores indicativos de superfícies de erosão. Os valores mínimos de MRVBF e máximos do *Slope* e *Ls Factor* reforçam estas ocorrências.

Por sua vez, as Classes de Limitação Muito Baixa e Baixa ocupam em torno de 1494,35 ha, equivalentes a um percentual de 41,3% da unidade. Não registraram correlações problemáticas relacionadas aos processos erosivos, sedimentação e de umidade, configurando-se como as áreas da unidade de menor restrição e de melhor aptidão ao uso, aptas tanto às atividades de uso direto, quanto às de uso indireto.

As Classes de Limitação Média e Alta elencam 2123,7 ha, correspondentes a 58,7% da FLONA, devem ser destinadas as atividades de uso indireto e de baixo impacto vinculado à pesquisa, a visitação e educação ambiental, salvaguardando estas áreas do desencadeamento e aceleração dos impactos ambientais.

A delimitação destas classes expondo as restrições físicas da FLONA de Irati direciona seu uso de forma racional e equilibrada. Para Mcharg (2000), a paisagem é intrínseca e sua capacidade de manutenção, mediante uma determinada forma de uso, está relacionada às suas aptidões e limitações.

4.3.2 A compatibilidade entre as classes limitantes e atividade admitidas nas UC's orientando o estabelecimento das zonas

O zoneamento configura-se como etapa determinante à eficiência do Plano de Manejo e sua delimitação deve fundamentar-se no entendimento da natureza, de suas funções e limitações.

Tendo como base a caracterização das zonas, publicado por Gonçalves *et al.* (2009), sugere-se para orientação do zoneamento, a associação destas informações as Classes Limitantes, certificando que as atividades inerentes a unidade são conciliáveis a limitação das áreas em que serão desenvolvidas.

Desta forma, sugere-se para o estabelecimento do zoneamento a combinação entre as Classes Limitantes e o grau de permissividade das zonas, Quadro 5.

GRAU DE PERMISSIVIDADE DAS ZONAS	Permissivo	ZONAS	ATIVIDADES ADMITIDAS
		De Uso Especial	Implantação de infraestrutura necessária à administração, pesquisa, proteção.
		De Uso Público	Pesquisa; Proteção; Visitação, onde serão admitidos infraestrutura e serviços de apoio ao visitante, como: centro de visitantes, camping, estacionamentos, locais para apoio à visitação, mirantes, pontos de banho, piquenique e serviços.
	Inter-Mediário	De Manejo Florestal Sustentável Empresarial	Manejo florestal sustentável; Pesquisa; Proteção; Lazer; Monitoramento ambiental.
		De Manejo Florestal Comunitário	Manejo florestal de baixo impacto, principalmente de produtos não madeireiros; Pesquisa; Proteção; Visitação com alguns equipamentos facilitadores, trilhas, sinalização e pontos de descanso, locais para banhos.
	Restritivo	De Preservação	Pesquisa restritiva, quando impossível de ser realizada em outras zonas da Unidade; Proteção (em casos de evidência de desmatamento, caça, pesca ou fogo).
		Primitiva	Pesquisa; Proteção; Educação ambiental; Visitação restritiva e de baixo impacto, não sendo admitida a implantação de qualquer infraestrutura.

Quadro 5: Classificação das zonas por grau de permissividade

Fonte: Gonçalves *et al.* (2009).

Adaptado: Maganhotto, 2013.

Para as Zonas Permissivas relacionadas à visitação, ao manejo florestal e a implantação de edificações (Zona de Uso Especial, de Uso Público e de Manejo Florestal Sustentável Empresarial), sugere-se sua sobreposição às Classes com Limitação Muito Baixa e Baixa; para as Zonas Intermediárias, caracterizadas por atividades de baixo impacto (Zona de Manejo Florestal Comunitário), indica-se a

Classe com Limitação Média; e, por fim, para as Zonas Restritivas, inerentes às atividades controladas (Zona Primitiva e de Preservação), designa-se a Classe com Limitação Alta (Figura 19).

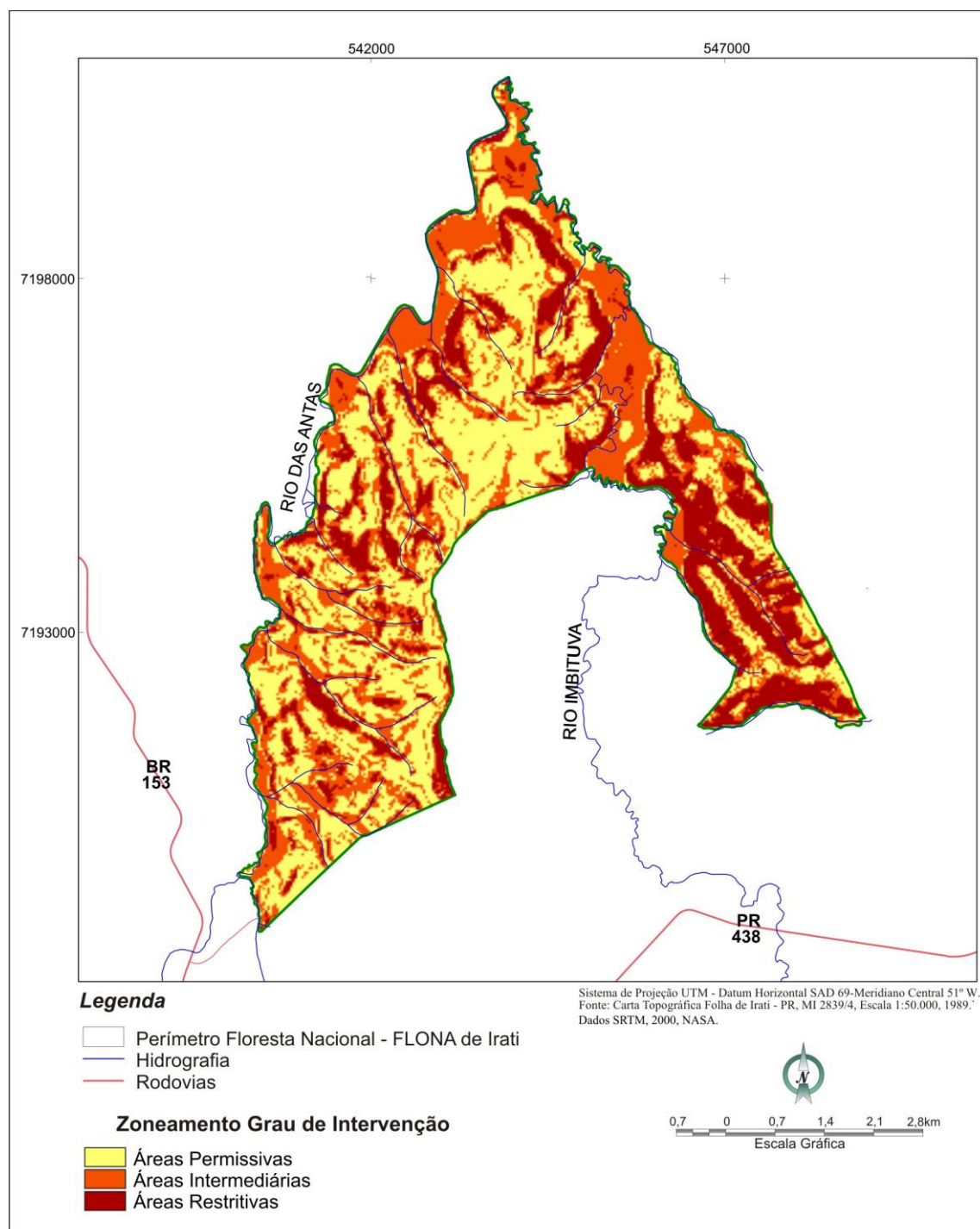


Figura 19: Orientação Zoneamento
 Fonte: Maganhotto, 2012.

Considerando a área total da FLONA de Irati, de 3618 ha, pode-se afirmar que 24%, ou seja, 845,95 ha, aproximadamente, correspondem a áreas de Limitação Alta, conciliáveis às atividades controladas e previstas para a Zona de Preservação e Zona Primitiva; cerca de 1277,75 ha, que equivalem a 35% da unidade, enquadram-se na Classe de Limitação Média e apresentam compatibilidade com atividades de baixo impacto presentes na Zona Manejo Florestal Comunitário.

Em torno de 1494 ha, área correspondente a 41% da UC, reportam-se às classes de Limitação Muito Baixa e Baixa, configurando-se como as classes de menor limitação da FLONA e conciliáveis às atividades de uso direto dos recursos (exploração madeireira), à visitação em maior escala e à implantação de infraestrutura relacionadas às Zonas de Uso Especial, de Uso Público e de Manejo Florestal Sustentável Empresarial.

A adequação do Grau de Permissividade das zonas às Classes Limitantes orienta o planejamento da UC, de forma que as atividades ocorram em condições propícias à conservação ambiental.

A associação das Classes Limitantes à tipologia ao grau de permissividade das zonas almejou compatibilizar a tipologia das atividades às aptidões e limitações físicas da FLONA. As zonas mais permissivas recorrentes às atividades mais impactantes delimitam-se em condições de melhor aptidão inseridas nas classes de limitação Muito Baixas, Baixas e Médias, enquanto as mais restritivas ficam enquadradas na classe de Limitação Alta, assegurando, a conservação dos recursos da unidade.

Entende-se que a delimitação do zoneamento segue a análise de outros fatores, e que grau o de conservação ambiental, vocação de uso, presença de população e de sítios arqueológicos e paleontológicos, configuram-se como critérios determinantes ao estabelecimento da Zona de Recuperação, Uso Conflitante, Ocupação Temporária e Histórico Cultural.

Nestes casos o processamento dos IRR contemplando a Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental, caracterizando o relevo, auxiliando na aquisição de informações pedológicas e identificando os diferentes graus de limitação, auxiliam no planejamento das competências inerente a cada zona.

A existência de critérios determinantes ao estabelecimento de determinadas zonas, sobrepondo-se à combinação harmônica entre tipologia de uso e aptidão

física, reforça a necessidade do processamento dos IRR, auxiliando no planejamento e na execução das atividades previstas para determinada zona.

Neste sentido, as próximas linhas demonstram a relevância e pertinência dos IRR no processo de Zoneamento Ambiental de UC, por meio da tabulação cruzada realizada entre o zoneamento proposto por Mazza (2006) e as Classes Limitantes, geradas a partir do AACN, TWI, MRVBF, *Ls Factor* e *Slope*.

4.3.3 Correlação das classes limitantes com a proposta de zoneamento ambiental de Mazza (2006)

Baseando-se no uso do solos, Mazza (2006) propôs, em sua Tese de Doutorado, o Zoneamento Ambiental para a FLONA de Irati (Figura 20). De posse destas informações, realizou-se uma tabulação cruzada das Classes de Zoneamento com as Classes Limitantes, demonstrando a necessidade de uma análise integrada das variáveis ambientais no processo de Zoneamento Ambiental. Verificou-se por meio das combinações a compatibilidade ou incompatibilidade existentes entre as atividades admitidas e a limitação e aptidão das áreas recorrentes a cada zona. A Tabela 15 elenca as possíveis correlações entre as classes e apresenta em hectare as áreas correspondentes.

Tabela 15: Tabulação cruzada Zoneamento Ambiental Mazza (2006) com Classes Limitantes

CLASSES DE ZONEAMENTO MAZZA (2006)	CLASSES LIMITANTES				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	TOTAL
Intangível	24.04	91.96	404.61	114.75	635.37
Uso Especial	3.43	5.20	5.09	0.47	14.20
Uso Público	0.20	1.70	2.75	0.45	5.11
De conservação	300.76	508.34	496.62	308.39	1614.13
Uso Restrito	107.28	135.38	136.83	93.75	473.25
Manejo Florestal	144.54	171.48	231.83	328.12	875.98
TOTAL	580.27	914.08	1277.75	845.95	3618.06

Fonte: Maganhotto, 2013

A Zona Intangível destina-se à manutenção da primitividade da natureza, dedicando-se à proteção integral dos ecossistemas, não sendo tolerada qualquer alteração humana (GONÇALVES *et al.*, 2009).

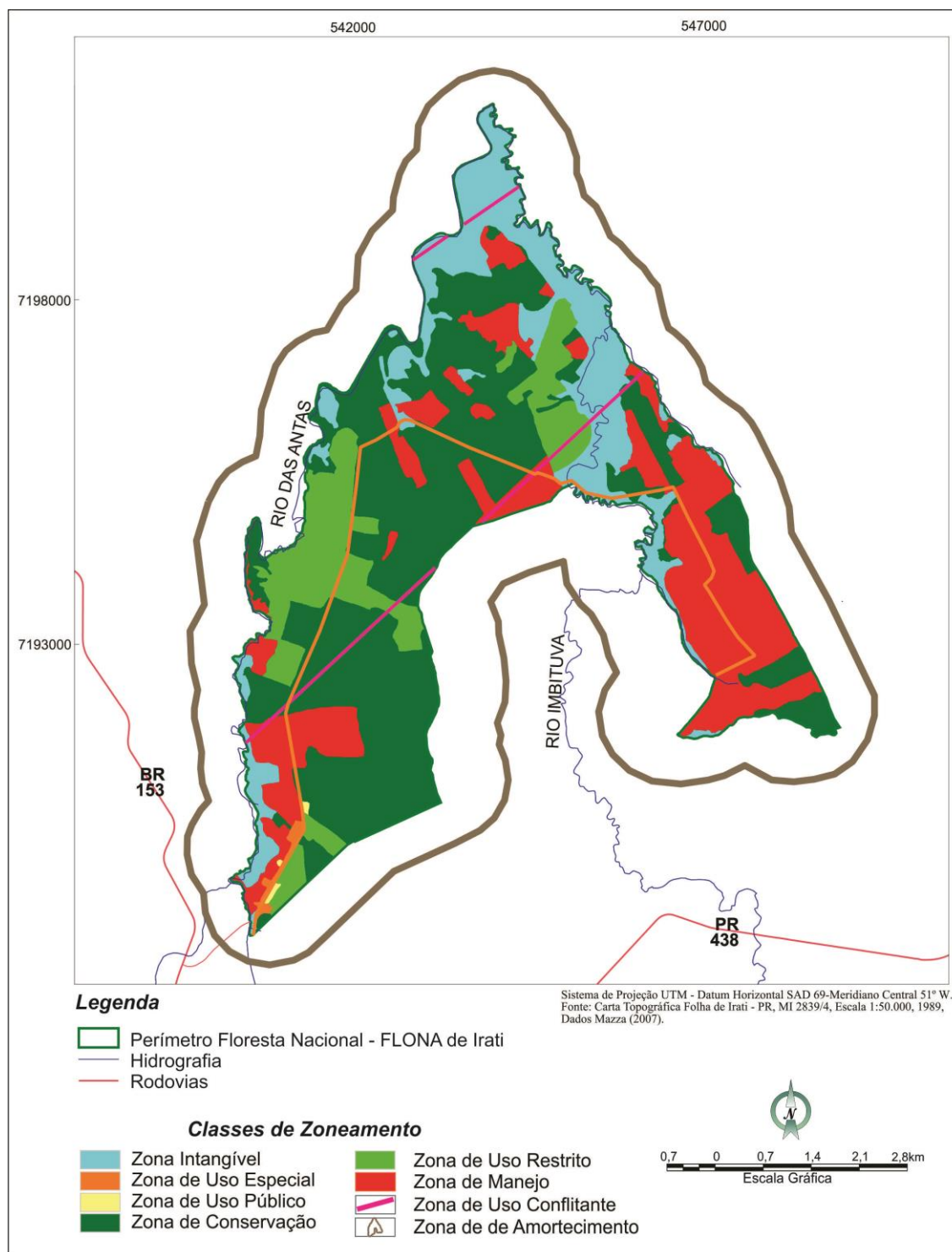


Figura 20: Zoneamento Ambiental FLONA Irati
 Fonte: Mazza (2006)

Mazza (2006) delimitou essa zona considerando as várzeas dos Rios das Antas e Imbituva, seus afluentes e vegetação associada, Fotos 21 e 22. Conforme o autor, o significado ecológico destas áreas está associado aos *habitats* com altos valores de produtividade primária, disponibilizados para a cadeia trófica aquática e terrestres.



Foto 21: Zona Intangível.
Fonte: Mazza (2006).



Foto 22: Zona Intangível.
Fonte: Acervo FLONA

Para Howard e Thompson (1985) e Pires (1995), a degradação ambiental das várzeas compromete suas funções ambientais, podendo acarretar inundações e aumento de produtos tóxicos, devido à diminuição da capacidade de depuração do sistema hídrico. Fragilidade que justifica seu enquadramento em zonas restritivas como a Zona Intangível.

Ao tabular a Zona Intangível com as Classes Limitantes verificou-se para essa zona o predomínio de Classes de Limitação Média e Alta correspondendo, respectivamente a 404,61 ha e 114,75 ha, que somadas totalizam um percentual de 81,6%. Considerando que as atividades admitidas para esta zona, caracterizam-se pelo uso indireto dos recursos naturais, por meio do desenvolvimento de pesquisas,

educação ambiental e visitação controlada, evidenciou-se compatibilidade entre seu uso e limitação da área em que está inserida, assegurando, assim, a preservação dos locais com maiores limitações vinculadas às superfícies relacionadas à sedimentação, ao acúmulo de água e aos Gleissolos. A disposição das Classes Limitantes na Zona Intangível segue apresentada na Figura 21.

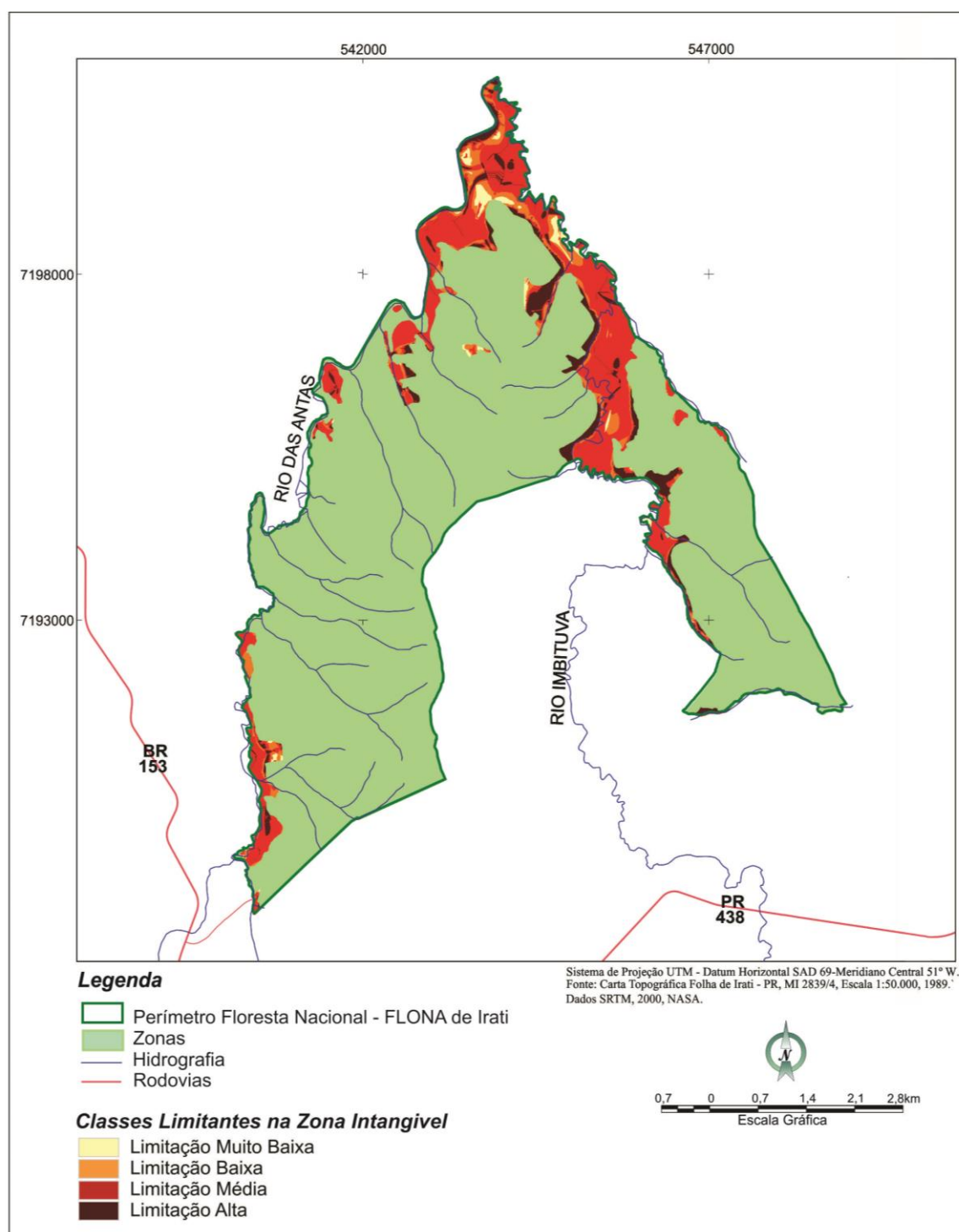


Figura 21: Distribuição das Classes Limitante na Zona Intangível.
 Fonte: Maganhotto, 2013.

A Figura 22 demonstra, para esta zona, a predominância de áreas com TWI acima de 8, identificados por Prates (2010) e Lin *et al.*(2006) como valor indicativo de solos mal drenados, relacionados ao acúmulo de água em áreas sedimentares.

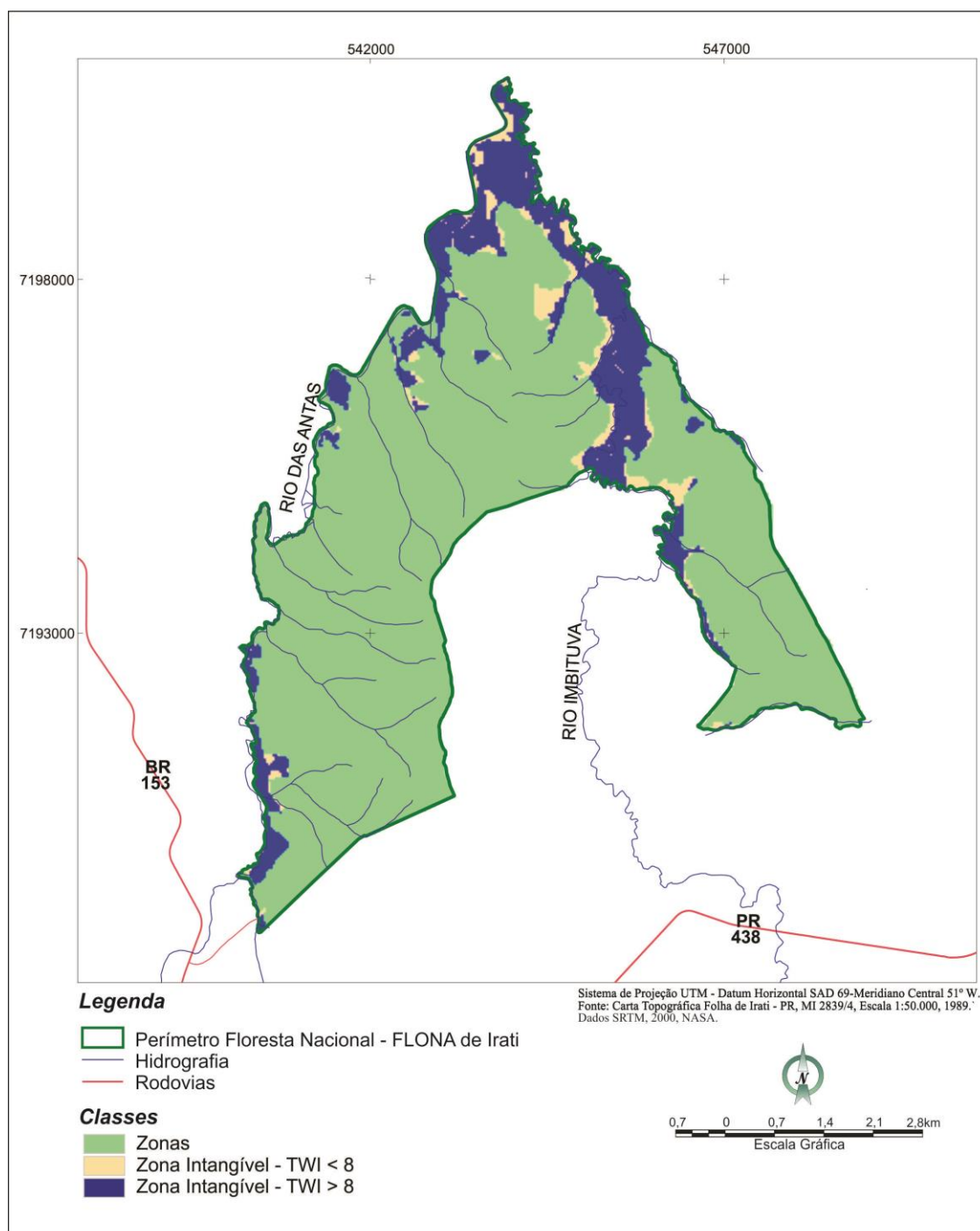


Figura 22: Disposição do TWI na Zona Intangível.
 Fonte: Maganhotto, 2013.

A Zona de Uso Especial corresponde às áreas de administração, manutenção e serviços da unidade (GONÇALVES *et al.*, 2009). Além de dar suporte

às atividades administrativas, sua infraestrutura apoia a realização de pesquisas e demais atividades. Mazza (2006) considerou para o delineamento dessa zona as edificações e estradas destinadas ao uso administrativo, manutenção e serviços existentes na área.

Com a tabulação percebeu-se o predomínio dessa zona nas três primeiras Classes Limitantes, cerca de 97%. O fato de não estar sobreposta a Classe de Limitação Alta, não elimina o monitoramento das ações relacionadas à infraestrutura, controlando consequências inerentes à existência, restauração e ou construção das mesmas. Frente à necessidade de alteração no perímetro desta zona, deve-se priorizar, se possível, áreas periféricas da unidade inseridas nas Classes de Limitação Muito Baixa e Baixa.

As Fotos 23, 24, 25 e 26 documentam as edificações presentes na Zona Especial.



Foto 23: Guarita
Fonte: Maganhotto, 2013.



Foto 24: Sede Administrativa
Fonte: Maganhotto, 2013.



Foto 25: Casa de hóspedes.
Fonte: Maganhotto, 2013.



Foto 26: Casas de antigos funcionários.
Fonte: Maganhotto, 2013

A Zona de Uso Público deve ser mantida o mais próximo do natural, devendo conter infraestrutura, facilidades e serviços de apoio à atividade de visitação (GONÇALVES *et al.*, 2009).

Desta forma, Mazza (2006) definiu seu perímetro baseando-se no grau de conservação e na presença de infraestruturas existentes compatíveis com a visitação pública, recreação e educação ambiental. Praticamente toda a zona situa-se em condições ambientais aptas às atividades admitidas. As Fotos 27, 28, 29 e 30 reportam-se à Zona de Uso Público.



Foto 27: Trilhas Interpretativas
Fonte: Maganhotto, 2013.



Foto 28: Trilhas Interpretativas
Fonte: Maganhotto, 2013.



Foto 29: Museu Educativo
Fonte: Maganhotto, 2013



Foto 30: Área de Lazer
Fonte: Maganhotto, 2013

Cerca de 0,45 ha, ou seja, 9% da zona vincula-se à Classe de Limitação Alta, denotando maiores cuidados durante a execução das atividades previstas e na implantação de trilhas e edificações, caso se faça necessário. Pode-se afirmar que a compatibilidade entre as atividades inerentes a zona e seu grau de limitação, possibilita a utilização racional dos recursos, proporcionando o exercício do lazer e da educação ambiental de forma harmônica com o ambiente.

A Zona de Conservação caracteriza-se pela pequena ou mínima intervenção humana, contendo espécies ou fenômenos naturais de valor científico (GONÇALVES *et al.*, 2009).

Mazza (2006) enquadrou nessa zona os remanescentes da Floresta Ombrófila Mista (Foto 31). A Zona de Conservação encontra-se disposta nas quatro

classes limitantes, e sua característica restritiva, admitindo apenas atividades de pesquisa e educação ambiental controlada, contribuem para assegurar a preservação de sua área, principalmente àquelas, inseridas nas Classes de Limitação Média, 496,62ha, e Alta, 308,39 ha, que somadas compreendem 50% da zona, representadas na Figura 23.

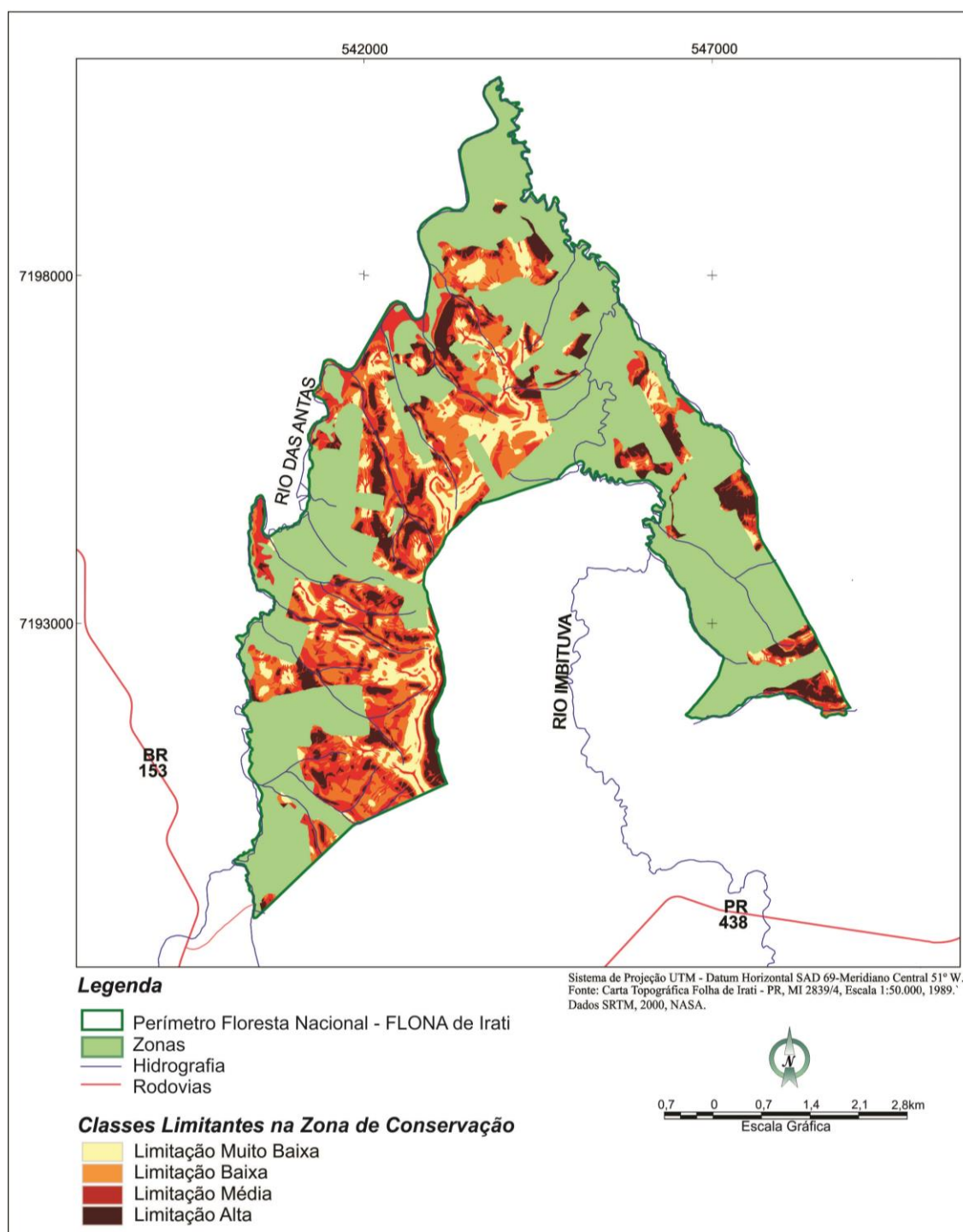


Figura 23: Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Conservação.
 Fonte: Maganhotto, 2013.



Foto 31: Zona de Conservação
Fonte: Maganhotto, 2013.

A Zona de Uso Restrito teve como base para sua delimitação os talhões de plantio de araucária. Destina-se à recomposição da paisagem, sendo admitido apenas o desenvolvimento de pesquisas e de visitas guiadas (MAZZA, 2006).

Assim como a zona anterior encontra-se associada às quatro classes limitantes e seu caráter restritivo assegura sua preservação. Vale a pena destacar que 49% de sua área situam-se nas Classes de Limitação Média e Alta, ocupando respectivamente 136,83 ha e 93,75 há. Estas características podem ser verificadas nas Fotos 32, 33 e na Figura 24.



Foto 32: Zona de Uso Restrito
Fonte: Mazza (2006).

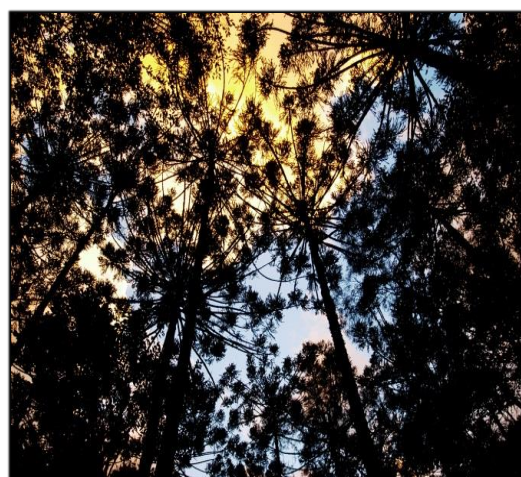


Foto 33: Zona de Uso Restrito
Fonte: Acervo FLONA

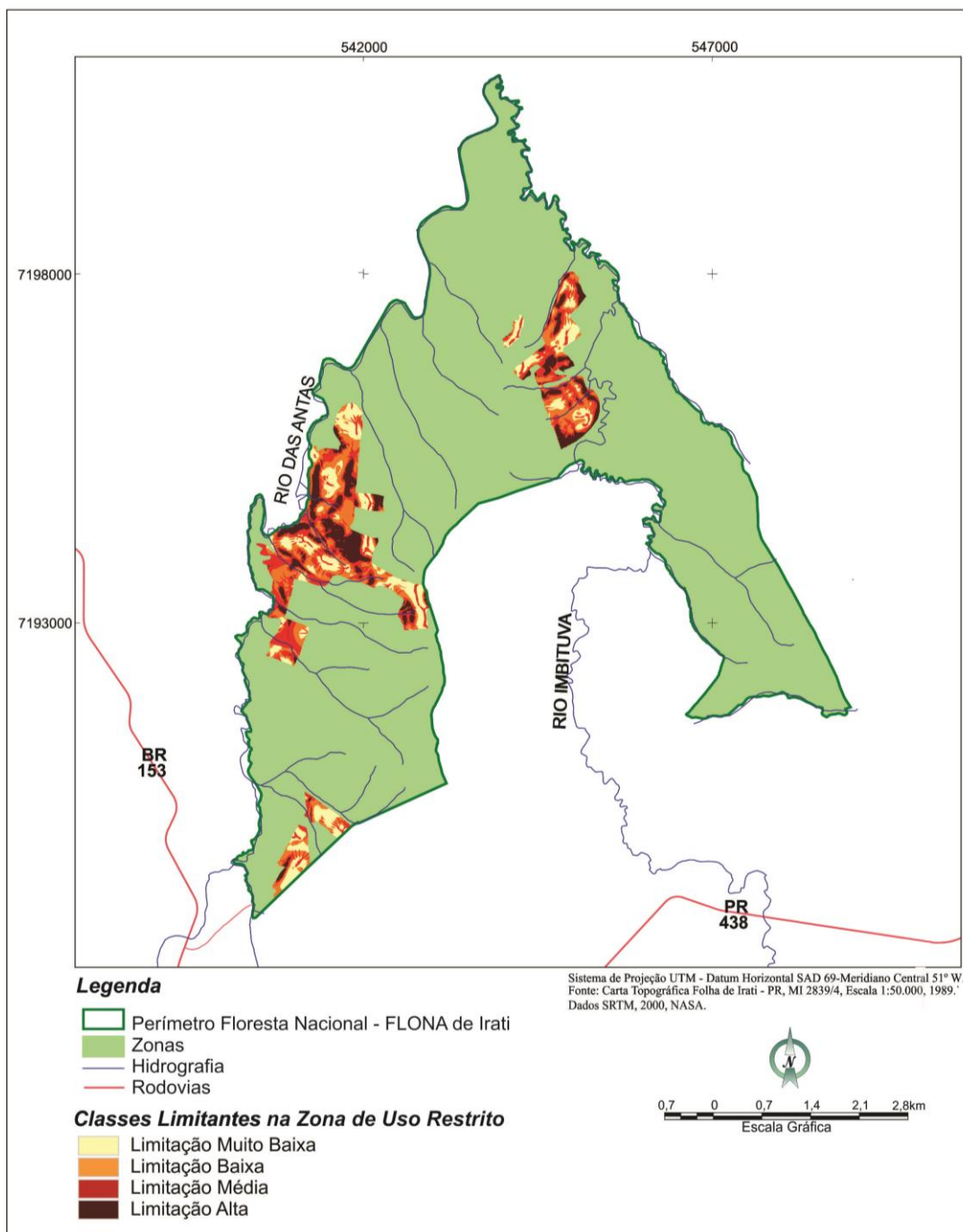


Figura 24: Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Uso Restrito.
 Fonte: Maganhotto, 2013.

A Zona de Manejo Florestal compreende áreas de floresta nativa ou plantada com potencial econômico para o manejo dos recursos florestais. A pesquisa, a educação ambiental e as atividades de lazer, também, estão previstas para essa zona (GONÇALVES *et al.*, 2009).

A Zona de Manejo da FLONA de Irati é ocupada por plantio de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* L. e tem como diretriz de manejo a retirada da exótica para recomposição gradual de espécies nativas (MAZZA, 2006).

Esta zona se encontra distribuída nas quatro Classes Limitantes, prevalecem para esta zona as Classes de Limitação Média e Alta, as quais correspondem, respectivamente, 231,83 ha e 328,12 ha, totalizando um percentual de 64%. A Figura 25 representa espacialmente a distribuição das Classes Limitantes na Zona de Manejo.

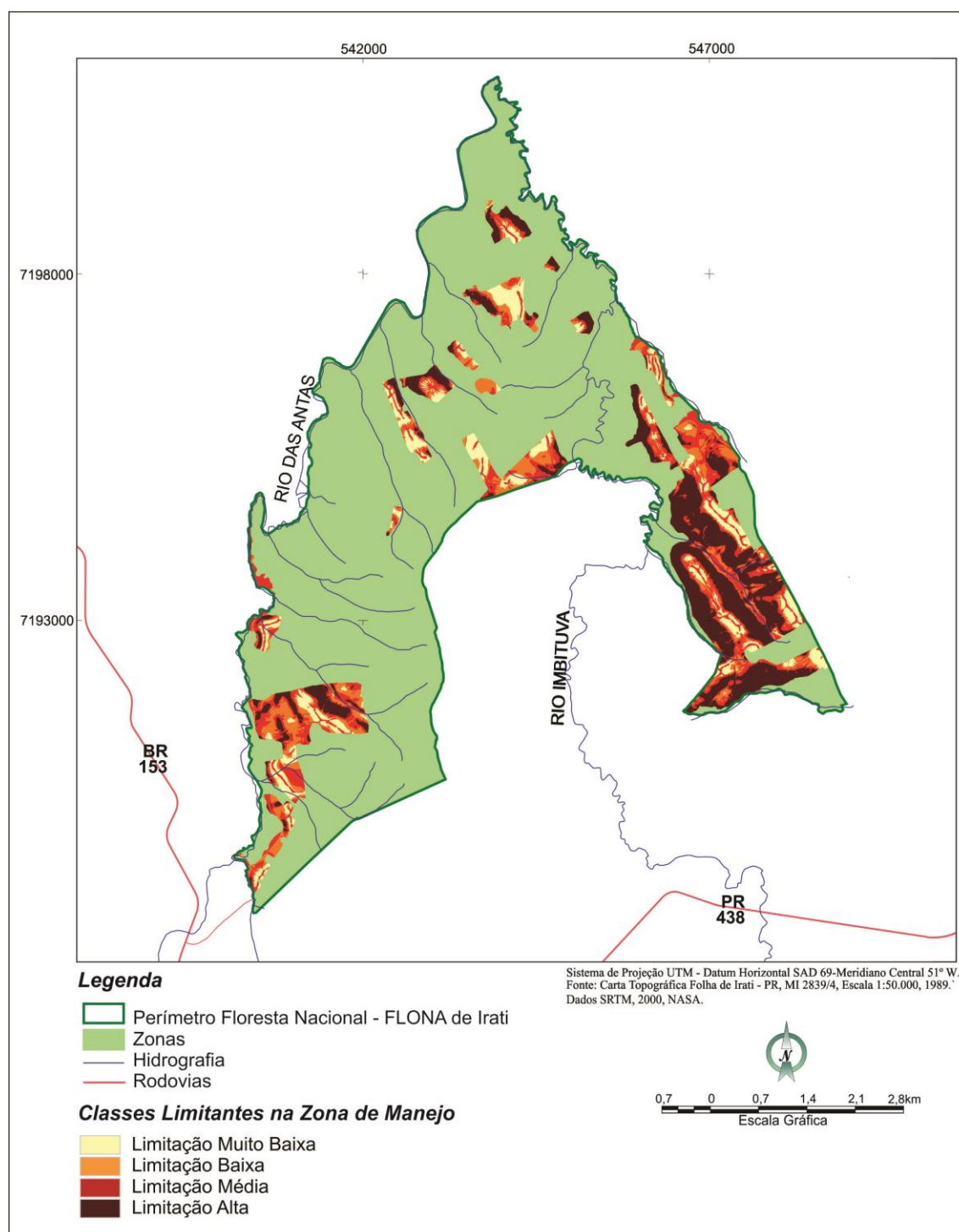


Figura 25: Distribuição das Classes Limitantes na Zona de Manejo.
 Fonte: Maganhotto, 2012.

Evidencia-se para esta zona incompatibilidade entre a atividade de caráter direto (exploração madeireira) e suas limitações. Verifica-se para as Classes de Limitação Média e Alta valores extremos de TWI, MRVBF, e *Ls Factor*, denotando seu grau de fragilidade e a necessidade de uma atividade de baixo impacto assegurando a manutenção das variáveis físicas que a compreendem. A Foto 34 demonstra a presença do Pinus em condições clinográficas favoráveis aos processos erosivos.



Foto 34: Zona de Manejo
Fonte: Acervo FLONA.

A Figura 26 demonstra as áreas com TWI acima de 8, que para Prates (2010) e Lin *et al.* (2006) valores acima de 8 estão associados ao acúmulo de água. A Figura 27 identifica na Zona de manejo as porções com valores de MRVBF abaixo de 0,5, classificados por Mckenzie e Gallant (2007) como superfícies de erosão. A Figura 28 delimita por meio do *Ls Factor*, as áreas propícias aos processos erosivos, que para Mansor *et al.* (2002) locais com valores acima de 4 estão suscetíveis a erosão.

A remoção da cobertura vegetal das áreas vinculadas as Classes de Limitação Média e Alta contrapõe sua aptidão e se executada poderá desencadear a erosão, potencializando a perda dos solos, o assoreamento dos rios e outros impactos no entorno da área de retirada.

O cenário preocupa e certifica a necessidade de planejamento da extração do Pinus, reforçando que o mesmo deve ser removido gradualmente e de forma controlada para que tal ação não venha potencializar a degradação nestas áreas.

Após a retirada das espécies exóticas, as Classes Limitantes devem auxiliar no delineamento das Diretrizes de Manejo, orientando a recomposição de espécies nativas, assim como o planejamento de reincorporação destas áreas a outras zonas, assegurando sua conservação, por meio de um uso pertinente às aptidões e limitações da unidade.

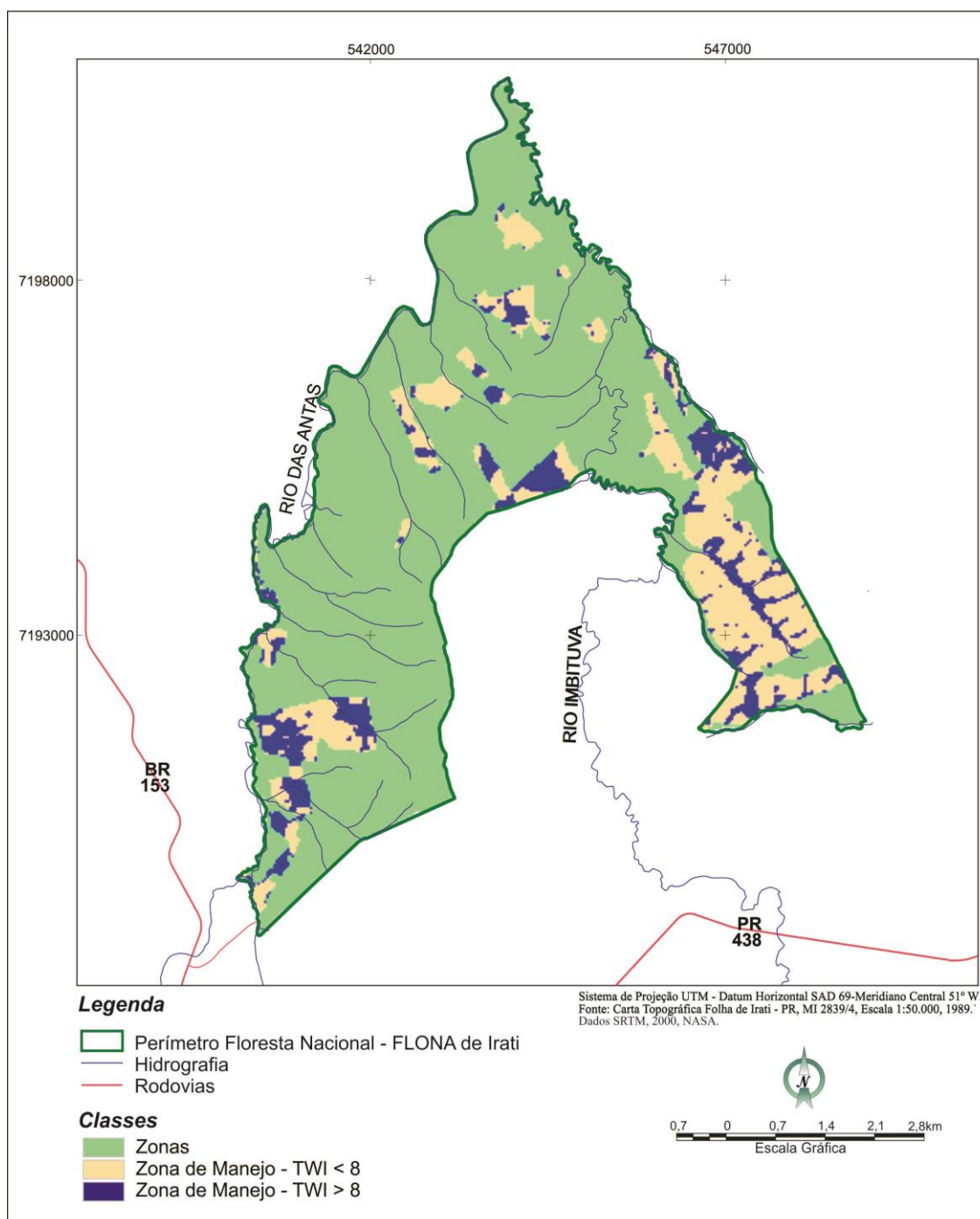


Figura 26: Distribuição do TWI na Zona de Manejo.
 Fonte: Maganhotto, 2013.

Com a tabulação cruzada, pode-se observar para a Zona Intangível, de Uso Especial e de Uso Público, coerência entre atividades admitidas e respectivas limitações. A Zona de Conservação e de Uso Restrito não apresentou incoerência de uso, mas parte de suas áreas (50% e 51%, respectivamente), reportam-se às Classes de Limitação Muito Baixa e Baixa conciliáveis a zonas permissivas. Para a Zona de Manejo, evidenciou-se o contrário, 64% da zona não condiz com o uso direto, mas com uso indireto inerente às zonas restritivas.

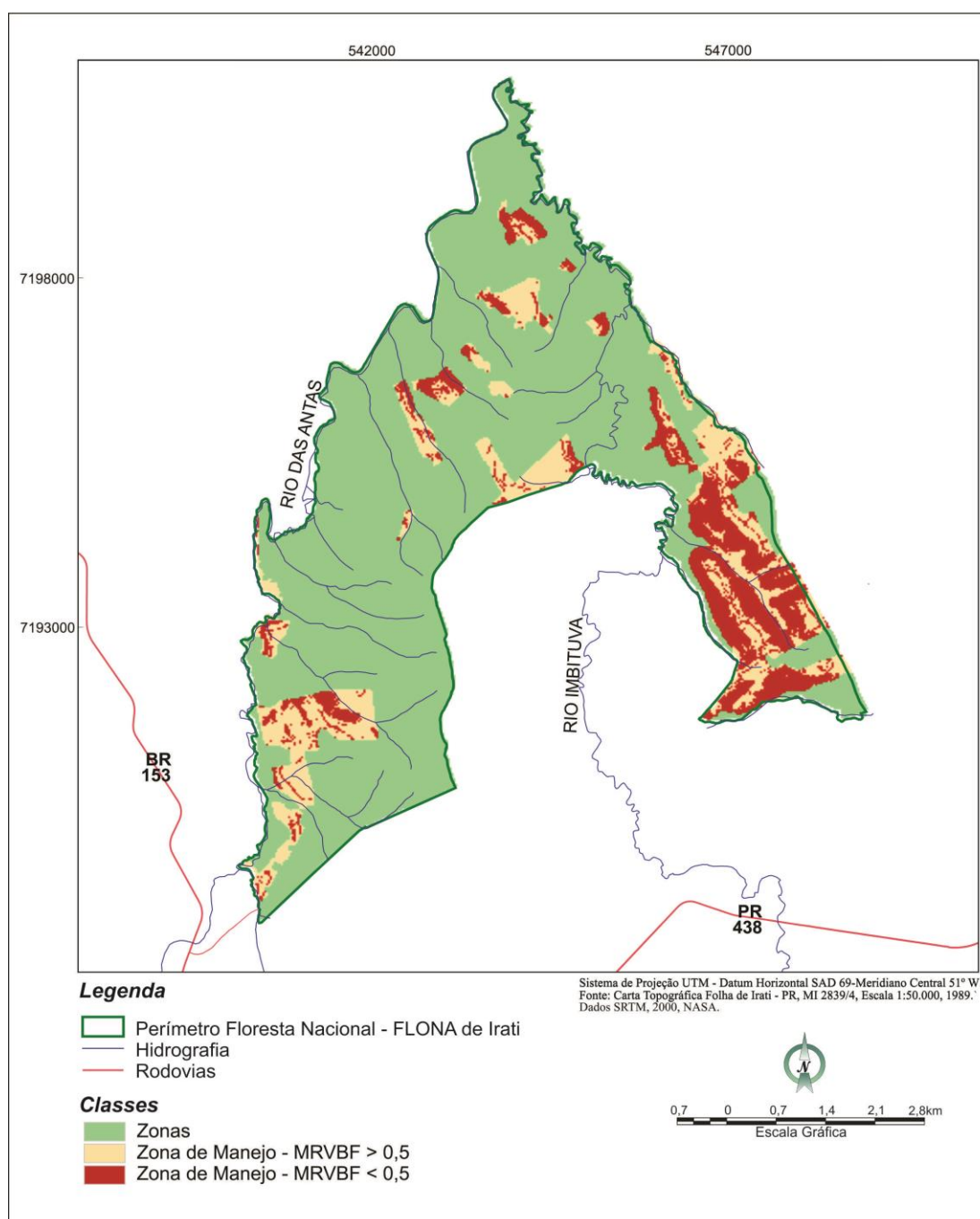


Figura 27: Distribuição do MRVBF na Zona de Manejo.
 Fonte: Maganhotto, 2013.

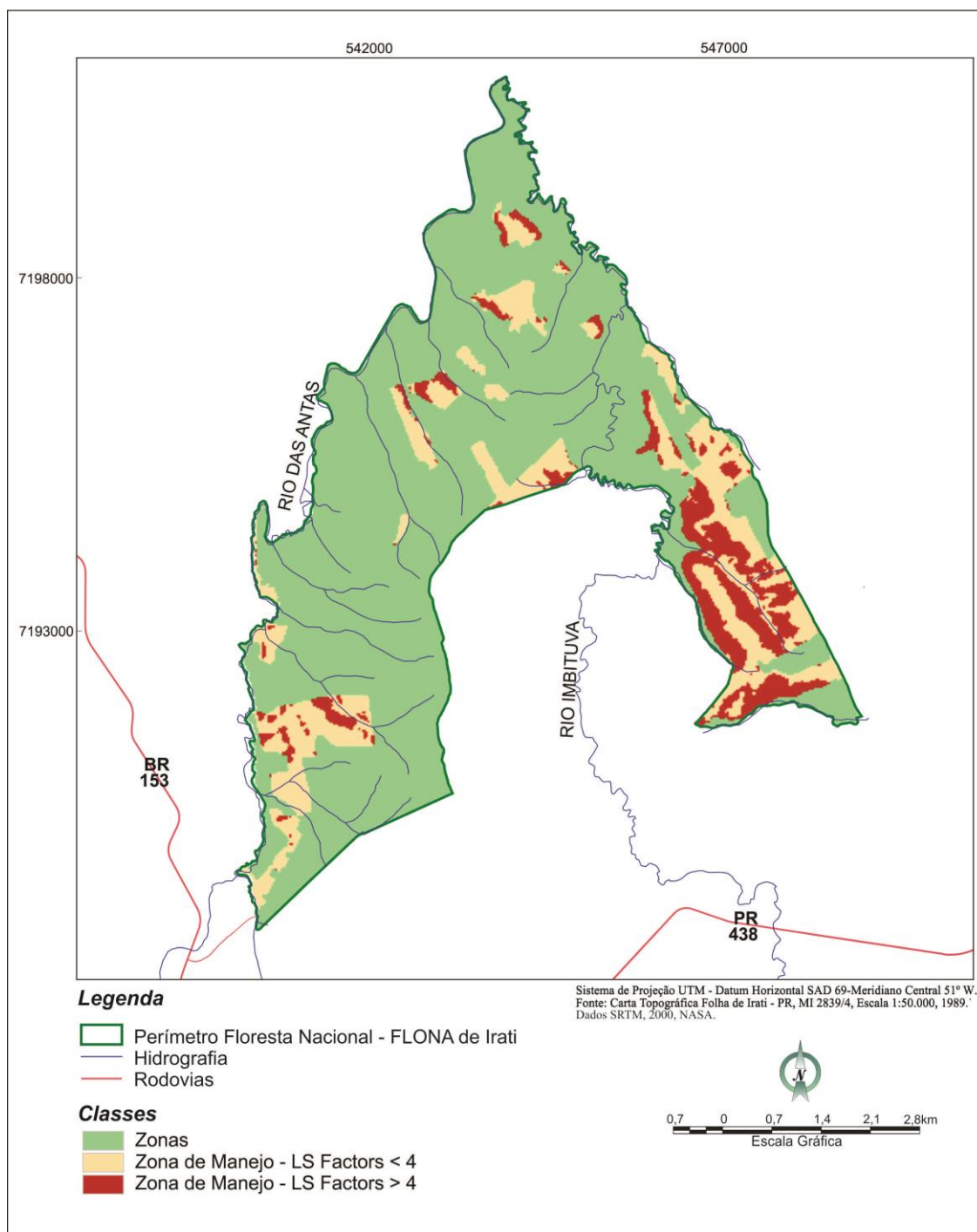


Figura 28: Distribuição do *Ls Factor* na Zona de Manejo.
 Fonte: Maganhotto, 2013.

5 CONCLUSÃO

Se o Zoneamento Ambiental da FLONA de Irati for orientado a partir da correlação das Classes Limitantes ao grau de permissividade das zonas e tipologia das atividades previstas, o uso das suas terras serão otimizados, impedindo a subutilização de áreas menos suscetíveis, e a degradação das mais limitantes.

Verificou-se por meio da tabulação cruzada a não correlação entre as Classes Limitantes e o Zoneamento Ambiental proposto por Mazza (2006), pois esta associação identificou a não compatibilidade entre as atividades inerente a cada zona com o grau de limitação de uso da unidade.

Demonstrou, também, a relevância dos IRR no planejamento e manejo de zonas estabelecidas a partir de outro critério não contemplado pelos atributos (Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental), como a Zona de Manejo estabelecida a partir de seu uso do solo e vocação de uso.

Além de auxiliar no delineamento das zonas a partir da Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental e no planejamento das zonas estabelecidas a partir de outro critério, os IRR podem auxiliar no reordenamento futuro das zonas. Exemplo disso, é a área da FLONA com plantio de Pinus, após sua retirada as porções territoriais inseridas nas Classes Limitantes Média e Alta, sobrepostas aos Gleissolos e Neossolos devem ser agrupadas em Zonas mais restritivas.

Desta feita, a avaliação conjunta destes produtos propicia o entendimento da dinâmica natural da unidade, o que é fundamental para esta categoria e as demais de uso sustentável, em que conciliar sua diversidade de uso à conservação da natureza vem a ser o grande desafio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais e suas consequências indesejadas motivaram iniciativas de conscientização ambiental e a instituição de normas e medidas em prol da conservação da natureza, como a criação de áreas protegidas, chamadas no Brasil de UC.

No entanto, a aprovação de um decreto não é suficiente para a conservação da natureza. Apesar de considerada por muitos como chave para preservação ambiental, as UC's, apresentam dificuldades relacionadas à carência de recursos humanos e financeiros; a existência de atividades conflitantes em seu perímetro e em seu entorno; a regularização fundiária; e a inexistência do Plano de Manejo e do Zoneamento Ambiental.

Durante a elaboração de um Zoneamento Ambiental e Plano de Manejo faz-se necessário tomadas de decisão fundamentadas no conhecimento da dinâmica natural e no entendimento das funções, limitações e potencialidade da natureza.

Neste sentido, as metodologias de planejamento subsidiando a gestão racional das UC's devem caracterizar os elementos naturais, assegurando que a intervenção humana não venha a desencadear e ou acelerar problemas de ordem ambiental.

Aliados a isto, a diversidade ecológica brasileira e o variado grau de permissividade recorrente às categorias presentes no SNUC dificultam a gestão e conservação dos recursos naturais salvaguardados pelas UC's.

A FLONA é a categoria com a maior amplitude de funções e com o mais amplo leque de papéis. Fato justificado pela sua gênese sistematizada em sete fases, cada uma delas refletindo períodos políticos, administrativos, econômicos e institucionais distintos (ICMBio, 2013). As FLONA's localizadas no Sul do país enquadram-se numa fase denominada Produção, em que um conjunto de dez unidades foi implantado nas regiões Sul e Sudeste, entre 1943 e 1955, com o objetivo de produção e experimentação florestal, o que ocasionou o reflorestamento destas unidades com árvores dos gêneros Araucária e Pinus (ICMBIO, 2013).

Diante dessa gama de funções, sente-se a necessidade da seleção de critérios e procedimentos metodológicos que caracterizem os aspectos geomorfológicos, clinográficos e pedológicos no desenvolvimento de estudos relacionados às UC's. O levantamento e a caracterização destes elementos

proporcionam a identificação das limitações e aptidões de uso, fundamentando o estabelecimento do Zoneamento Ambiental.

O processamento dos IRR caracterizou o relevo e a drenagem por meio do processamento do AACN, TWI, MRVBF, *Slope* e *Ls Factor*, a quantificação e espacialização destes atributos resultaram em informações recorrentes as características pedológicas, confirmando-se a aplicabilidade dos IRR como variáveis para a obtenção da Variabilidade Ambiental. A síntese destes atributos, seguindo como parâmetro os limites identificados por Mansor *et al.* (2002), Mckenzie e Gallant (2007), Prates (2010) e Lin *et al.* (2006), e a determinação dos respectivos pesos, utilizando-se da rotina Fuzzy, resultou em classes com diferentes graus de limitação, contemplando a Suscetibilidade Ambiental da FLONA de Irati. Além da Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental o processamento do AACN, TWI, MRVBF, *Slope* e *Ls Factor*, enquadram-se como elementos auxiliares nos critérios de ajustes recorrentes à delimitação da Zona de Amortecimento.

De posse das informações inerentes aos IRR, contemplando os critérios de zoneamento, verificou-se a influência do relevo sobre os solos. Ao visualizar a proposta de reclassificação dos solos e de Classes Limitantes, pode-se observar semelhança no delineamento do polígono dos Gleissolos com a Classe de Limitação Média e dos Neossolos com a Classe de Limitação Alta, assim pode se afirmar que o método apresentado na presente pesquisa para o processamento dos IRR, considerou os solos para a identificação de sua limitação de uso.

O estabelecimento das zonas deve considerar os critérios de Variabilidade e Suscetibilidade Ambiental e sua correlação com a tipologia das atividades previstas para a unidade.

Para situações nas quais outro critério agiu como fator determinante à delimitação da zona, os IRR auxiliam no planejamento das atividades admitidas, como o evidenciado na Zona de Manejo da proposta de Mazza (2006), em que as informações obtidas com o processamento desses atributos devem contribuir com o planejamento da retirada dessa vegetação, assim como na recomposição gradual das espécies nativas e reincorporação da área em outra(s) zona(s).

Desta forma, o processamento e aplicação dos IRR mostraram-se adequados ao planejamento de UC's, tanto como instrumento auxiliar na delimitação e estabelecimento das zonas, quanto no planejamento e manejo de suas respectivas atividades.

Neste contexto, fica claro que as tomadas de decisão relacionadas à gestão das UC, devem estar baseadas ao conhecimento detalhado dos aspectos naturais e que as informações recorrentes aos IRR e os procedimentos metodológicos apresentados nesta pesquisa, se mostraram relevantes, mediante a quantificação e espacialização de informações imprescindíveis ao processo de zoneamento, confirmando, assim, o apontamento de Guerra e Cunha, (1994), Blaszczyński (1997) e Guerra e Marçal (2006).

Confirmou-se, também, como abordagem complementar, as análises de caráter qualitativo relacionadas ao grau de conservação e biodiversidade, certificando que “estudos temáticos isolados não condizem com as inúmeras e complexas relações a serem consideradas no zoneamento” (MARQUES; NUCCI, 2007).

Faz-se necessária uma avaliação detalhada e conjunta dos aspectos naturais e antrópicos, de modo que as variáveis, parâmetros e respectivos pesos sejam antecipadamente discutidos e testados, minimizando, assim, a influência do conhecimento tácito e julgamentos contraditórios.

REFERÊNCIAS

- ABSY, M. L. (Coord.) **Demanda de instrumentos de gestão ambiental - Zoneamento Ambiental**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, 1997.
- ALMEIDA, W. S.; SOUZA, N. M.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. Comparação metodológica para determinação do fator de relevo na equação universal para perda de solos, em um modelo de previsão de erosão laminar no entorno do reservatório da UHE CORUMBÁ IV, GO. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, VIII., 2009, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2009. p. 327-339. Disponível em: <ftp://ftp.unilins.edu.br/bernardo/GEOTECNIA%20AMBIENTAL/Artigos%208.o%20Sem%20Nac%20Controle%20Erosao/PAP000095%20CARACTERIZA%C3%87%C3%83O%20F%C3%8DSICA%20E%20MINERAL%C3%93GICA%20DA.pdf>. Acesso em: 28/09/2011.
- ALVES, M.R. **Múltiplas técnicas no mapeamento digital de solos**. 160fl. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2008.
- ANGELO-FURLAN, S.; NUCCI, J. C. **A Conservação das Florestas Tropicais**. São Paulo: Atual, 1999. 112p. (Série Meio Ambiente).
- ARRUDA, M. B. *et. al.* **Roteiro metodológico para gestão de áreas de proteção ambiental – APA**. Brasília: IBAMA, 2001.
- BÁEZ, ANA L.; ACUÑA, A. **Guia para las mejores prácticas de ecoturismo em áreas protegidas**. México: CDI, 2003.
- BERG, M. van den; OLIVEIRA, J. B. Variability of apparently homogeneous soils in São Paulo State, Brazil. II. Quality of soil maps. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.393-407, 2000.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BEVEN, K. J., WOOD, E. F., SIVAPALAN, M. On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response, **J. Hydrol.**, v.100, p.353–375,

1988.

BEZERRA, M. Planejamento de unidades de conservação. In: **Oficina de plano de manejo – módulo I**. Florianópolis: IBAMA, 2004.

BLASZCZYNSKI, J.S. Landform characterization with Geographic Information Systems. **Photogr. Cong. Remote Sens.**, v. 63, p. 183-191, 1997.

BOCK, M.; KOTHE, R. Predicting the Depth of hydrologic Soil Characteristics
Hamburger Beiträge zur Physischen Geographie und Landschaftsökologie –Heft 19, 2008.

BÖHNER, J.; KÖTHE, R.; CONRAD, O.; GROSS, J.; RINGELER, A.; SELIGE, T. Soil Regionalization by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation. In: MICHELI, E.; NACHTERGALE, F.; MONTANARELLA, L. (Ed.). Soil Classification 2002. **European Soil Bureau – Research Report**, n. 7, EUR 20398 EN, Luxembourg, p. 213-222, 2002.

BRANDON, K. Colocando os parques certos nos lugares corretos. In: TERBORGH, J; SCHAIK, C. VAN; DAVENPORT, L. RAO, M. (Orgs.) **Tornando os parques eficientes – estratégias para a conservação da natureza nos trópicos**. Curitiba: UFPR, 2002. 500p.

BRASIL. Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. Dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro. Brasília: Senado Federal, 1965. Disponível em: <<http://www.senado.org.br>>. Acesso em: 21/8/2012.

_____. Decreto n.º 1298, de 27 de outubro de 1994. Aprova o regulamento das Florestas Nacionais e da outras providências 1994. Brasília: Senado Federal, 1994. <<http://www.senado.org.br>>. Acesso em: 21/8/2012.

_____. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação do Brasil (SNUC). Brasília: Senado Federal, 2000. Disponível em: <<http://www.senado.org.br>>. Acesso em: 21/8/2012.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems of land resources assessment**. Francis e Taylor, 1986. 185 p.

CAMPOS, M.C.C.; CARDOZO, N.P.; MARQUES, J.J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.1, 2006.

CARVALHO JÚNIOR, W.; FERNANDES FILHO, E.I.; VIEIRA, C.A.O.; CHAGAS, C.S. Geomorphometric attributes used to soil-landscapes supervised classification of mountainous areas. In: GLOBAL WORKSHOP ON DIGITAL SOIL MAPPING, 2nd. 4-7 July, 2006, . **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. CD-Rom.

CASTRO, R. S. (Org.). **Atlas de conservação da natureza brasileira – unidades federais**. Metalivros: São Paulo, 2004.

CHAGAS, A. L. G. A. **Roteiro metodológico para a elaboração de plano de manejo para florestas nacionais**. Brasília: IBAMA, 2003.

CHAGAS, C. da S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros**. 223 fl., 2006. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição das Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia: Introdução**. São Paulo: Hucitec - Edusp, 1979. 106p.

_____. **Modelagem de Sistemas ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COELHO, F. F. **Comparação de métodos de mapeamento digital de solos através de variáveis geomorfométricas e sistemas de informações geográficas**. Porto Alegre, 2010, 80 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

COSTA, P. C. **Unidades de conservação matéria prima do ecoturismo**. São Paulo: Aleph, 2002.

CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa, MG**. Viçosa, 1984, 86 fl. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

CRIVELENTI, R. C. **Mineração de dados para inferência da relação solo-paisagem em mapeamento digitais de solo**. Campinas, 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agrônomo - Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, 2009.

DIEGUES, A. C. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Hucitec, 1996.

DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. In: RAPER, J. (Ed.). **Three dimensional applications in geographic information systems**. New York: Taylor and Francis, p.51-77, 1989.

DOUROJEANNI, M.; PÁDUA, M. T. J. **Biodiversidade: A hora decisiva**. Curitiba: UFPR, 2001, 308p.

DOUROJEANNI, M. **Plano de manejo I**, 2 de setembro de 2005. Disponível em: http://www.oeco.com.br/marc-dourojeanni/16368-oeco_13689. Acesso em: 02/12/2010.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows: Introdução e Exercícios Tutoriais – Versão 2**. Tradução de Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre: UFRGS - Centro de Recursos Idrisi, 1998.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. EMBRAPA - SNLCS/SUDESUL/ISPAR, 1984.

EMBRAPA. **Guia para identificação dos principais solos do Estado do Paraná**. Brasília, EMBRAPA – DDT, 1986.

EMBRAPA. **Mapa de solos do Paraná: Legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônomo do Paraná, 2008.

ESPINDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 31, n.1/2, p. 67-92, 2010.

FARIANASSO, M; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES R. F.; GOMES R. A. T.; RAMOS V. M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na Região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 7, n. 2, 2006.

FÁVERO, O. A. **Do berço da siderurgia brasileira à conservação de recursos naturais – um estudo d paisagem da Floresta Nacional de Ipanema (Iperó – SP)**. São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ciências – Geografia Humana) – DG/FFLCH/USP, 2001.

_____. **Paisagem e sustentabilidade na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba (SP)**. Tese (Doutorado em Ciências) -- Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C.; DE BIASI, M. Unidades de paisagem e zoneamento ambiental: subsídios para a gestão da floresta nacional De Ipanema – Iperó/SP. **RA'E GA**, Curitiba, Editora UFPR, n. 14, p. 35-53, 2007.

FAMIGLIETTI, J. S.; WOOD, E. F. Evapotranspiration and runoff from large land areas land surface hydrology for atmospheric general circulation models, **Surv. Geophys**, v. 12, p. 179–204, 1991.

FERRAZ, S. F. B.; MARSON, J. C.; FONTANA, C. R.; LIMA W. P. Uso de Indicadores hidrológicos para classificação de trechos de estradas florestais quanto ao escoamento superficial. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 39-49, set. 2007.

FERREIRA, L. M. *et. al.* **Roteiro Metodológico para elaboração de Plano de Manejo para reservas Particulares do Patrimônio Natural**. Brasília: IBAMA, 2004.

FORGY, E.W. A Cluster analysis of multivariate data: efficiency vc. Interpretability of classifications. **BIOMETRICS**, September, p. 768, 1965.

FORMAN, R. T. T. Ecologically Sustainable Landscapes: The Role of Spatial Configuration. In.: ZONNEVELD, I.S.; FORMAN, R. T.T. (Eds.). **Changing Landscapes: an Ecological Perspective**. New York, Springer-Verlag, 1990.

_____. **Land Mosaics: The Ecology of Landscape and Regions**. New York: Cambridge University Press, 1995. 632p.

FREITAS, L. F. Determinação do potencial de erosão a partir da utilização da EUPS na Bacia do Rio Preto. **Revista Espaço e Geografia**, v.10, n. 2, p. 431-452, 2007.

GALANTE, M. L.V.; BESERRA, M. M. L.; MENEZES, E. O. **Roteiro metodológico de planejamento**: Parque Nacional, Reserva Biológica e Estação Ecológica. MMA / IBAMA, Edições IBAMA, 2002. Disponível em: www.ibama.gov.br. Acesso em: 20/08/2006.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. Primary topographic attributes. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain Analysis: Principles and applications**. New York:

John Wiley, 2000.

GAMA, S. V. G. **Contribuição metodológica a gestão ambiental integrada de unidades de conservação – o caso do Maciço Gericinó Mendanha – zona Oeste do município do Rio de Janeiro, RJ.** Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRJ, 203p. 2002.

GESSLER, P. E. I. D.; MOORE, N.J.; MCKENZIE, P.J. RYAN. Soil landscape modeling and spatial prediction of soil attributes. **International Journal of Geographic Information System**, v.9, n.4, p.421-432, 1995.

GILES, P. T.; FRANKLIN, S. E. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. **Geomorphology**, Amsterdam, v.21, p.251-264. 1998.

GONÇALVES, A. R.; FERNANDES, C. H. V.; PENTEADO, D.; VELOSO, V. **Roteiro metodológico para a elaboração de plano de manejo para florestas nacionais.** Brasília: ICMBio, 2009.

GORDON J. E.; BRAZIER V.; LEES R. G. Geomorphological systems: developing fundamental principles for sustainable landscape management. In: O'HALLORAN, D.; GREEN, C.; HARLEY, M.; STANLEY, M.; KNILL, J. (Eds.) **Geological and Landscape Conservation**. London: Geological Society, p.185-190, 1994.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** Londres/Inglaterra: John Wiley e Sons Ltd., 2004, 433 p.

GRUBER, S.; PECKHAM, S. Land-surface parameters and objects in hydrology. In: HENGL, T.; REUTER, H.I. (Eds.). **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**. Amsterdam: Elsevier, 2009.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. **Geomorfologia uma Atualização de Bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1994.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M., S. dos. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HAMMER, R. D.; YOUNG, N. C.; WOLENHAUPT, T. L.; BARNEY T. L.; HAITHCOATE, T. W. Slope Class Maps Form Soil Survey and Digital Elevation Models. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.59, p.509-519, 1995.

HANCOCK, G.R.; MURPHY, D.; EVANS, K.G. Hillslope and catchment scale soil organic carbon concentration: an assessment of the role of geomorphology and soil erosion in an undisturbed environment. **Geoderma**, Canadá, v. 155, p. 36-45, 2010.

HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; MARTINS, E. S.; DRUCK, S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SANTOS, N. B. F.; REATTO, A. Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos: In: **Bacias hidrográficas assimétricas**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, Documentos 68, 25p. 2002.

HERMUCHE, P. M.; ANDRADE, A. C.; GUIMARÃES, R. F.; LEAL, CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S. Compartimentação Geomorfológica em escala regional da Bacia do Rio Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, X., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBGFA, 2003.

HOOKE J.M. Strategies for conserving and sustaining dynamic geomorphological sites. In: O'HALLORAN, D.; GREEN, C.; HARLEY, M.; STANLEY, M.; KNILL, J. (Eds.). **Geological and Landscape Conservation**. London: Geological Society, 1994).

HOWARD, W.C.; TOMPSON, K. The conservation and management of Africa wetland. In: DENNY, P. (Ed). **The Ecology and Management of Africa Wetland Vegetation**. Boston: W. Junk Publ., 1985. (Geobotany, 6).

HUDSON, B. D. The soil survey as a paradigm-based science. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 836-841, 1992.

HUGGET, R. J. Soil Landscape Systems: A model of soil genesis. **Geoderma**, v.13, p. 1-22, 1975.

IBAMA (IBAMA/GTZ). **Marco Conceitual das Unidades de Conservação Federais do Brasil**. Brasília: IBAMA, 1997.

IBAMA. Curso de Capacitação do Analista Ambiental. **Módulo II – Unidades de conservação Federais**. Brasília: Edições IBAMA, jan. 2004.

IBAMA. **Contexto Federal**. Disponível em: www.ibama.gov.br. Acesso em: 20/08/2006.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico de Pedologia**. Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 4, Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

ICMBio. **Banco de Dados - Diretoria de Criação e Manejo de Unidades de Conservação**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2012.

IPPOLITI, R. G. A.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GAGGERO, M. R.; SOUZA, E. Análise digital de terreno: Ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “mar de morros” (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 269-276, 2005.

IRVIN, B.J.; VENTURA, S.J.; SLATER, B.K. Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant alley. **Geoderma**, v. 77, p.137-154, 1997.

IUCN. **Threatened protected areas of the world**. IUCN Commission on National Parks and Protected Areas, Gland, Switzerland, 1984.

JORGE PÁDUA, M. T. J. Sistema Brasileiro de Unidades de conservação: de onde viemos e para onde vamos? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, **Anais...** Curitiba: IAP, v.1, p.214-236, 1997.

KIRKBY, M. J.; CHORLEY, R. J. Throughflow, Overland Flow and Erosion. **Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology**, v. 12, n. 3, p. 5-21, 1967.

KLINGEBIEL, A. A.; HORVARTH, E. H.; MOORE, D. G.; REYBOLD, W. U. **Use of slope, aspect, and elevation maps derived from digital elevation model data in making soil surveys**. Madison: Soil Science Society of America, 1987. (SSSA, Special Publication, 20).

LACERDA, M. P. C.; BARBOSA, I. O. Relações pedomorfogeológicas e distribuição de pedoformas na estação ecológica de águas emendadas, Distrito Federal. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, June 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 2/2/2013.

LARK, R. M. Soil–landform relationships at within-field scales: an investigation using continuous classification. **Geoderma**, Amsterdam, v. 92, p.141–165, 1999.

LEPCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação, 2ª. Imp. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1991.

LIN, H.S.; KOGELMANN, W.; WALKER, C.; BRUNS, M.A. Soil moisture patterns in a forested catchment: A hydropedological perspective. **Geoderma**, v. 131, p. 345-368, 2006.

LUSTOSA, M. C. J.; CÁNEPA, E. M.; YOUNG, C. E. F.. Política Ambiental. In.: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (Orgs.). **Economia do meio ambiente**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MAGNUSSON, W. E. Estatística, delineamento e projetos integrados: a falta de coerência no ensino e na prática. **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, v. 3,n. 1, p. 37-40, 1999.

MANSOR, M.T.C.; FERREIRA, L.; ROSTON, D.M.; TEIXEIRA FILHO J. Parâmetro para avaliação do potencial de risco de erosão. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, I., 2002. **Anais...** Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002.

MARQUES, A. C. **Planejamento da paisagem da floresta nacional de Três Barras (Três Barras – SC)**: subsídios ao plano de manejo. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

MARQUES, A. C.; NUCCI, J. C. Planejamento, Gestão e Plano de Manejo em Unidades de Conservação. **Revista Ensino e Pesquisa**, v. 4, p. 33-39, União da Vitória, 2007.

MASSAD, E.; MENEZES, R. X.; SILVEIRA, P.S.P.; ORTEGA, N.R.S. **Métodos quantitativos em Medicina**. São Paulo: Manole, 2004.

MAZZA, C. A. da S. **Caracterização da paisagem da Microregião Colonial de Irati e zoneamento da Floresta Nacional de Irati, PR**. São Carlos: UFSCar, 2006, 147p.

McHARG, I. L.. **Proyectar com la Naturaleza**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SA, 2000. 198p.

MCKENZIE, N. J.; RYAN, P. J. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. **Geoderma**, v. 89, p. 67-94, 1999.

MCKENZIE, N. J.; GALLANT, J. C. Digital soil mapping with improved environmental predictors and models of pedogenesis. **Developments in Soil Science**, v. 31, 2007.

MCKERGOW, L.A.; GALLANT, J.C.; DOWLING, T.I. **Modelling wetland extent using terrain indices, Lake Taupo, NZ.** In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION, Christchurch, 10-14 December 2007.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G. **Mapeamento digital de classes e atributos de solos métodos, paradigmas e novas técnicas.** Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, Documentos 55, 2003, 19p.

MENDIONDO, E. M.; COLLISCHONN, W.; BULHÕES MENDES, C. A. Modelos numéricos do terreno e suas aplicações a bacias hidrográficas 2: Obtenção de atributos. In: CONGRESO NACIONAL DEL AGUA, XVII / SIMPOSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DEL CONO SUR, II., **Anais...**, 1998.

MIARA, M. A. **Planejamento e gestão de unidade de conservação:** proposta de modelo metodológico. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MILANO, M. S. Planejamento em unidades de conservação: um meio e não um fim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, Curitiba: IAP. **Anais...** v.1, p.150-165, 1997.

_____. Mitos no Manejo de Unidades de Conservação no Brasil, ou a Verdadeira Ameaça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, Campo Grande, RNPUC, SEMA, FBPN, **Anais...** v. 1, p. 11-25, 2000.

MITASOVA, H.; HOFIERKA, J. Interpolation by Regularized spline with tension: II. application to terrain modeling and surface geometry analysis. **Mathematical Geology**, v.25, p.657-671, 1993.

MMA, MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE **Plano Nacional de Áreas Protegidas.** Brasília. 2006. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em: 24/04/2006.

_____. **Cadastro de unidades de conservação.** Brasília. 2006. Disponível em: www.mma.gov.br/cadastrouc. Acesso em: 02/12/2010.

MONTGOMERY, D. R. Predicting landscape-scale erosion using digital elevation models. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 335, p. 1121-1130, 2003.

MOORE, A.; ORMAZABAL, C. **Manual de Planificacion de Sistemas Nacionales**

de Áreas Protegidas em America Latina. Santiago: FAO/PNUMA (Organização da Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação / Programa da Nações Unidas para o Meio Ambiente), 1998. 137p. (Documento Técnico n.4, Red Latinoamericana de Cooperación Técnica em Parques Nacionales, otras Áreas Protegidas, Flora e Fauna Silvestres)

MOORE, I.; BURCH, G. Physical bases of the length-slope factor in the universal soil loss equation. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, p. 1294-1298, 1986.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R.B.; LADSON, A. R. **Digital terrain modeling:** A review of hydrological, geomorphological and biological applications, hydrological processes, v. 5, p. 3-30, 1991.

MOORE, I. D.; GESSLER, P. E.; NIELSEN, G. A.; PETERSON, G. A. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n. 2, p. 443-452, 1993.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. E KENT, J.. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** – v.403, n.24, p.853-58, February 2000.

MUÑOZ, V. A. **Análise geomorfológica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

NASCIMENTO, F. R. do; CARVALHO, O. **Gerenciamento ambiental em unidade de conservação: bacia hidrográfica como caso de estudo.** Revista Geografia, v. 12, n. 2, Londrina, 2003.

NASCIMENTO, M. A. L. do; RUCHKYS, U.A.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo:** trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. Sociedade Brasileira de Geologia, 2008.

NETO, P.V. **Estatística descritiva:** Conceitos básicos. São Paulo, 2004.

NIZEYIMANA, E.; BICK, T. J. Soil and soil-landscape relationship in the North Central Region of Rwanda, East-Central Africa. **Soil Science**, v.152, n.3, p.225-236, 1992.

NOWATZKI, A. **A utilização de atributos topográficos no mapeamento preliminar de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno, Antonina/PR.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós Graduação de Geografia da UFPR, Curitiba, 2013.

NUCCI, J. C.; FÁVERO, O. A.. Desenvolvimento Sustentável e Conservação da Natureza em Unidades de Conservação: O Caso da Floresta Nacional de Ipanema (Iperó/SP). **Revista Ra'Ega: o Espaço Geográfico em Análise**, v.7, n.7, Curitiba: Departamento de Geografia / UFPR, p.63-77, 2003.

PABLO, C. T. L. de. Cartografía ecológica: conceptos e procedimientos para la representación espacial de ecosistemas. **Boletín da Real Sociedad Española de la Historia Natural Sección Geológica**, Madrid, v. 96, n. 1/2, p. 57-68, 2000.

PÁDUA, M. T. J. Unidades de conservação muito mais do que atos de criação e planos de manejo. In: MILANO, M.S. (Org.). **Unidades de Conservação: atualidades e tendências.** Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2002. 224p.

PEI, T.; QIN, C.; ZHU, A.; YANG, L.; LUO, M.; LI, B.; ZHOU, C. Mapping soil organic matter using the topographic wetness index: A comparative study based on different flow-direction algorithms and kriging methods. **Ecological Indicators**, v.10, p.610-619, 2010.

PENNOCK, D. J. Terrain attributes, landform segmentation, and soil redistribution. **Soil e Tillage Research**, Amsterdam, v.69, p.15–26, 2003.

PIRES, J.S.R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural:** abordagem metodológica aplicada ao município de Luiz Antônio – SP. 1995. 192f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

PIRES, P. S. **Dimensões do ecoturismo.** São Paulo: Senac São Paulo, 2002.

PRATES, V. **Utilização de índices para representação da paisagem como apoio para levantamento pedológicos em ambiente de geoprocessamento.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2010.

QUEIROZ NETO, J. P. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 1, p.59-67, São Paulo, 2000.

RIBEIRO, S. R. A.; BÄHR, H. P.; CENTENO, J. S. Integração de imagens de satélite e dados complementares para a delimitação de unidades de paisagem usando uma abordagem baseada em regiões. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 8, n. 1, p.47-57, 2002.

ROBERT, S.D.W.; DOWLING, T.I.; WALKER J. **FLAG**: a fuzzy landscape analysis GIS method for dryland salinity assessment. CSIRO, Land and Water Technical Report 8/97, Canberra. Disponível em: www.clw.csiro.au/publications/technical/technical97.html. Acesso em: 13/7/2012.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento Tecnologia Transdisciplinar. Cap. 9 – **Modelo Digital do Terreno**. Minas Gerais: Ed. do Autor, 2000.

ROSS, Jurandyr L. Sanches. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

RODRIGUES, E. et. al. **Plano de Manejo de uso múltiplo das Reservas Extrativistas Federais**. Brasília: IBAMA, 2004.

ROTHWELL, J. J.; LINDSAY, J.B. **Mapping contemporary magnetic mineral concentrations in peat soils using fine-resolution digital terrain data**. Catena 70, 2007.

SAATY, T. L.; VARGAS, L.G. **Prediction, Projection and Forecasting**. Kluwer Academic Boston, MA, USA, 1991.

SAGA. **System for Automated Geoscientific Analyses**, Version: 2.0.2. 2005. Disponível em: <http://www.saga-gis.org>. Acesso em: 13/7/2012.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCHOORL, J. M.; SONNEVELD, M. P. W.; VELDKAMP, A. Threedimensional landscape process modeling: the effect of DEM Resolution. **Earth Surface Processes and Landforms**,. Chichester, v.25, p.1025–1034, 2000.

SCIFONI, S. Patrimônio mundial: do ideal humanista à utopia de uma nova civilização. **Geusp – Espaço e Tempo**, n.14, p.77-88, 2003.

SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservacion**. Disponível em: <http://www.parks.tas.gov.au/geo/conprin/define.html>. Acesso em: 10/9/2012.

SILVA, J. S. V. da; SANTOS, R. F.dos. Zoneamento para planejamento ambiental: Vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, maio/ago. 2004.

SILVA, A. M. da. Potencial natural de erosão no município de Sorocaba, SP, Brasil. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidente e Infraestructura Civil**, v. 8, n.1, p. 5. Disponível em: <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/view/146/142>. Acesso em: 28/09/2011.

SILVEIRA, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos**: Integração de atributos topográficos em Sistemas de Informações Geográficas e redes neurais artificiais. Curitiba, 2010, 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, 2010.

SIRTOLI, A. E. et al. Atributos de relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.9, n.3, p. 317-329, 2008.

SIVAPALAN, M.; WOOD, E. F. A multidimensional model of non stationary space-time rainfall at the catchment scale. **Water Resour. Res.**, n.23, p.1289-1299, 1987.

SIVAPALAN, M.; WOOD, E. F.; BEVEN, K. J. On hydrologic similarity. 3. A dimensionless flood frequency model using a generalized geomorphologic unit hydrograph and partial area runoff generation. **Water Resour. Res.**, n.26, p.43-58, 1990.

SOUZA, C. K. **Relação solo-paisagem-erosão e variabilidade espacial de Latossolos em áreas sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Jaboticabal (SP)**. Jaboticabal, 2001, 186fl. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, 2001.

SOUZA, L. C de P.; SIRTOLI, A. E.; LIMA, M. R.; DONHA, A. G. Estudo do Meio Físico na Avaliação de Bacias Hidrográficas Utilizadas como Mananciais de Abastecimento. In : ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Curitiba: SANEPAR – Finep, 2005. 500 p.

SOUZA, M. L. **Gestão urbana participativa: uma introdução**. Rio de Janeiro:

Nuped. UFRJ, 2001.

_____. **Mudar a cidade:** uma introdução crítica ao planejamento e a gestão urbanas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

STABILE, R. A.; VIEIRA, B.C. **O papel do ângulo da encosta e da forma das vertentes na distribuição das feições erosivas da bacia água da faca.** 2009.

Disponível em:

Piratininga_ http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo1/082.pdf. 2011. Acesso em: 10/9/2012.

STANLEY, M. Geodiversity, **Earth Heritage**, n.14, p.15-18, 2000.

STUBER, A La géomorphologie dans les domaines de la protection de la nature et du paysage. Exemples d'application cartographiques, **Cartographie géomorphologique - Cartographie des risques, Les Diablerets – Randa**, p. 45-51, 1993, Lausanne, Institut de Géographie (Travaux et Recherches n. 9).

TERBORGH, J; SCHAIK, C. V. Por que o mundo necessita de parques. In: TERBORGH et al. (Org.). **Tornando os parques eficientes:** estratégias para a conservação da natureza nos trópicos. Curitiba: Ed. UFPR/Fundação O Boticário, 2002. 518 p.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na Bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57, v.3, dez. 2005. Disponível em: <http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/129/112>, Acesso em: 27/9/2011.

UFPR. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. **O solo no meio ambiente:** abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Universidade Federal do Paraná. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola: Curitiba Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007.

VALLADARES, G. S.; HOTT, M.C. The Use of GIS and Digital Elevation Model in Digital Soil Mapping – A Case Study from São Paulo, Brazil. In: HARTEMINK, A.E. (Eds.). **Digital Soil Mapping with Limited Data**, Springer Science+Business Media B.V., 2008.

VALCARCE, E.G.; CORTÉS, A. G. **El patrimonio geológico. Bases para su Valoración, Protección, conservación y Utilización.** Ministerio de Obras Públicas,

Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Información y Evaluación Ambiental. Série Monografias, Madrid, p.11-16, 1996.

VALERIANO, M. M. Programação do cálculo da declividade em SIG pelo método de vetores ortogonais. **Espaço e Geografia**, v.5, n.1, p.69-85, 2002.

_____. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

_____; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.4, n.1, p.17-29, 2003.

_____. **TOPODATA**: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P. da; CARDOSO, E. J. (Ed.). Tópicos em Ciência do Solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, p.145-192, 2005.

WANG, G.; GERTNER, G.; PARYSOW, P.; ANDERSON, A. Spatial prediction and uncertainty assessment of topographic factor for revised universal soil loss equation using digital elevation models. **Journal of Photogrammetry e Remote Sensing**, Amsterdam, v.56, p.65-80, 2001.

WANG, D., LAFFAN, S.W. **Characterisation of valleys from DEMs**. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009. Disponível em: <http://mssanz.org.au/modsim09>. Acesso em: 10/9/2012

WEBER, E. J.; HASENACK, H.O. Uso do SIG no Ensino de Ciências Ambientais. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, V., 1999, Salvador/BA. **Anais...** Salvador/BA, 1999.

WHITE, J. D.; RUNNING, S. W. Testing scale-dependent assumptions in regional ecosystem simulations, **J. Veg. Sci.**, n.5, p.687-702, 1994.

WILSON, J.P.; GALLANT, J.C. Digital terrain analysis. In: WILSON, J.P.; GALLANT, J.C.(Eds.). **Terrain analysis**: principles and applications. New York: John Wiley and Sons, 2000.

ZHU, A.X ; HUDSON, B; BURT, J.; LUBICH, K.; SIMONSON, D. Soil Mapping Using GIS, Expert Knowledge, and Fuzzy Logic. **Soil Science Society of American Journal**. v.65, p.885-894, sep./oct., 2001.

ZINKO, U.; SEIBERT, J.; DYNESIUS, M.; NILSSON, C. Plant species numbers predicted by a topography based groundwater-flow index, **Ecosystems**, n.8, p.430-441, 2005.